PENYELIDIKAN INTRUSI AIR LAUT DENGAN MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS KONFIGURASI *WENNER*

(STUDI KASUS DUSUN BAJULMATI, DESA GAJAHREJO, KECAMATAN GEDANGAN, KABUPATEN MALANG)

SKRIPSI

Oleh:

ABRORUL AMIN

155090701111010

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

PENYELIDIKAN INTRUSI AIR LAUT DENGAN MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS KONFIGURASI *WENNER*

(STUDI KASUS DUSUN BAJULMATI, DESA GAJAHREJO, KECAMATAN GEDANGAN, KABUPATEN MALANG)

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik dalam bidang geofisika

Oleh:

ABRORUL AMIN

155090701111010

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019

Repository Universitas Brawijaya

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENYELIDIKAN INTRUSI AIR LAUT DENGAN MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS KONFIGURASI *WENNER*
(STUDI KASUS DUSUN BAJULMATI, DESA GAJAHREJO, KECAMATAN GEDANGAN, KABUPATEN MALANG)

Oleh:
ABRORUL AMIN
155090701111010

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal .....
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dalam bidang Geofisika

Pembimbing II	**Pembimbing I**
(Drs. Didik Yudianto, M.Si)	(Dr. Ir. Wiyono, M.Si)
NIP. 196904251994121001	NIP. 195802101983031001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

(Prof. Dr.rer.nat. Muhammad Nurhuda)
NIP. 196004211988021001

Repository Universitas Brawijaya

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	**: Abrorul Amin**
NIM	**: 155090701111010**
Jurusan/Prodi	**: Fisika/T. Geofisika**
Penulis Skripsi Berjudul	**:**

Penyelidikan Intrusi Air Laut dengan Menggunakan Metode Resistivitas Konfigurasi *Wenner*
(Studi Kasus Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang)

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. **Isi Skripsi yang saya susun adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain. Karya-karya dari nama-nama yang tercantum di daftar pustaka digunakan semata-mata sebagai referensi atau acuan.**
2. **Apabila pada kemudian hari ternyata Skripsi yang saya susun terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung semua resiko yang akan saya terima.**

Demikian pernyataan ini saya buat dengan segala kesadaran.

Malang, 28 September 2019
Yang menyatakan,

Abrorul Amin
155090701111010

Repository Universitas Brawijaya

PENYELIDIKAN INTRUSI AIR LAUT DENGAN MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS KONFIGURASI *WENNER*
(STUDI KASUS DUSUN BAJULMATI, DESA GAJAHREJO, KECAMATAN GEDANGAN, KABUPATEN MALANG)

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang. Dusun tersebut merupakan yang sangat dekat dengan laut dan memiliki beberapa objek wisata pantai yang terkenal, salah satunya adalah Pantai Bajulmati. Karena dusun tersebut sangat dekat dengan laut, maka tidak menutup kemungkinan akan terjadinya intrusi air laut. Oleh karena itu, dilakukan penelitian ini untuk mengetahui lapisan bawah permukaan serta kemungkinan keberadaan intrusi air laut di Dusun Bajulmati.

Akuisisi data dilakukan pada 6 lintasan dengan menggunakan konfigurasi *Wenner* dengan spasi antar elektrodanya sebesar 10 meter dengan panjang bentangan sebesar 140 hingga 300 meter bergantung pada medan di setiap lokasi akuisisi data.

Dari hasil penelitian, diinterpretasikan bahwa lapisan bawah permukaan di Dusun Bajulmati terdiri dari lapisan lempung berpasir (rentang nilai resistivitas mulai dari 10 Ωm hingga 30 Ωm), lapisan lempung (rentang nilai resistivitas mulai dari 30 Ωm hingga 200 Ωm), lapisan batu gamping batuan (rentang nilai resistivitas lebih dari 200 Ωm) dan lapisan atau zona intrusi air laut (rentang nilai resistivitas mulai dari 0 Ωm hingga 3 Ωm). Zona intrusi air laut tersebut berada di dalam lapisan lempung berpasir dan dominan terdapat di wilayah selatan dari Dusun Bajulmati, meskipun terdapat beberapa titik di sisi timur yang diduga terdampak intrusi air laut juga.

Kata Kunci: Intrusi Air Laut, Resistivitas, Bajulmati

Repository Universitas Brawijaya

INVESTIGATION OF SEAWATER INTRUSION ZONE USING *WENNER* CONFIGURATION RESISTIVITY METHOD (CASE STUDY BAJULMATI, GAJAHREJO VILLAGE, KECAMATAN GEDANGAN, MALANG DISTRICT)

ABSTRACT

This research was conducted in Bajulmati, Gajahrejo Village, Gedangan District, Malang Regency. That sub-village is very close to the sea and has several famous beach, one of which is Bajulmati Beach. Because the village is very close to the sea, it does not rule out seawater intrusion. Therefore, this research was conducted to determine the subsurface layers and the possibility of seawater intrusion in Bajulmati sub-village.

Data acquisition was carried out on 6 lines using the *Wenner* configuration with 10 meters of electrodes spacing and a length for each line was 140 to 300 meters depending on the terrain at each data acquisition location.

From the results of the research, it was interpreted that the subsurface layer in Bajulmati sub-village consisted of sandy clay layers (range of resistivity values ranging from 10 Ωm to 30 Ωm), clay layers (range of resistivity values ranging from 30 Ωm to 200 Ωm), limestone rock layers (range of resistivity is more than 200 Ωm) and seawater intrusion layers or zones (range of resistivity values range from 0 Ωm to 3 Ωm). The seawater intrusion zone was located in the sandy clay layers and is dominant in the southern side of the Bajulmati sub-village, although there are several points on the east side that are suspected to be affected by seawater intrusion as well.

Keywords: Seawater Intrusion, Resistivity, Bajulmati

Repository Universitas Brawijaya

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas karunia dan anugerah dari-Nya penulis dapat menyelesaikan naskah Skripsi ini.

Penulis sangat bersyukur karena dapat menyelesaikan skripsi yang menjadi syarat terakhir untuk mendapatkan gelar Sarjana. Di samping itu, Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung Penulis selama proses pembuatan naskah skripsi ini berlangsung sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dan terealisasikan. Untuk itu Penulis ingin berterima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan kakak penulis yang telah memberikan dukungan moril dan nasihat serta doa yang tiada henti sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Dr. Ir. Wiyono, M.Si. dan Bapak Drs. Didik Yudianto, M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing dan memberikan banyak masukan selama proses penelitian skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr.rer.nat. Muhammad Nurhuda selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya
4. Bapak Drs. Alamsyah Juwono, M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Geofisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya
5. Anggota BB-12 Squad yakni Muhammad Abiyyu Farras dan Andriyanto Dwi Nugroho karena telah saling membantu, menguatkan dan mendukung baik selama perkuliahan maupun selama penelitian skripsi ini dilaksanakan.
6. Seluruh dosen dan civitas akademik Fakultas MIPA, khusunya Jurusan Fisika yang telah membantu dalam proses pembelajaran selama masa perkuliahan.

Repository Universitas Brawijaya
REPOSITORY.UB.AC.ID
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

7. Teman – teman Cuy yaitu Andriyanto Dwi Nugroho, Choirotul Aftafiyani Mahrom, Muhammad Abiyyu Farras, Mahathir Wiaam Pranata, Fegi Fransisca Reski, Surinah dan Tania Febriola Rachmawati yang telah memberikan dukungan moril.
8. Mahathir Wiaam Pranata, Aditya Nur Ramadhan, Chandra Gita Perwira dan Dipta Alfian Rinaldi yang telah membantu selama proses akuisisi data.
9. Seluruh warga Dusun Bajulmati yang telah menerima kami layaknya keluarga serta membantu selama berada di dusun tersebut.
10. Seluruh teman – teman mahasiswa Teknik Geofisika angkatan 2015 yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang selalu memberikan dukungan satu sama lain.
11. Seluruh pihak yang turut membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Demikian beberapa patah kata yang dapat saya sampaikan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak ke depannya, terutama di bidang Geosains. Penulis sadar bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, tidak lupa Penulis juga memohon kritik dan saran yang bersifat membangun terhadap skripsi ini agar ke depannya dapat diperbaiki untuk dapat dijadikan sebuah referensi yang bermanfaat di masa mendatang.

Malang, 28 September 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI iii
LEMBAR PERNYATAAN v
ABSTRAK vii
ABSTRACT ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1.Latar Belakang 1
1.2.Perumusan Masalah 2
1.3.Batasan Masalah 3
1.4.Tujuan 3
1.5.Manfaat 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1.Geologi Regional Gedangan 5
2.2.Metode Resistivitas 7
2.3.Konfigurasi *Wenner* 13
2.4.Sifat Listrik Batuan 14
2.5.Resistivitas Batuan 15
2.6.Intrusi Air Laut 16
BAB III METODE PENELITIAN 19
3.1.Waktu dan Tempat Penelitian 19

3.2.Rancangan Penelitian 19
3.3.Materi Penelitian 20
3.4.Langkah Penelitian 21
3.5.Diagram Alir Penelitian.....24
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....25
4.1.Hasil Uji Laboratorium Sampel Air Sumur.....25
4.2.Penampang Resistivitas 2 Dimensi 27
4.3.Model 3 Dimensi 46
BAB V PENUTUP 57
5.1.Kesimpulan.....57
5.2.Saran.....57
DAFTAR PUSTAKA 59
LAMPIRAN 61

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Peta Geologi Gedangan berdasarkan Peta Geologi Lembar Turen 5
Gambar 2.2. Sumber Arus Tunggal di Permukaan Tanah Homogen . 7
Gambar 2.3. Sistem Koordinat Bola 9
Gambar 2.4. Dua Elektroda Arus dan Dua Elektroda Potensial di Permukaan Tanah Homogen 11
Gambar 2.5. Konfigurasi Wenner 13
Gambar 2.6. Ilustrasi Proses Terjadinya Likuifaksi 17
Gambar 3.1. Desain Survei Daerah Penelitian 19
Gambar 3.2. Logsheet Akuisisi Data 22
Gambar 3.3. Pengolahan di Res2DInv 23
Gambar 3.4. Pemodelan 3D dengan Menggunakan RockWorks 23
Gambar 3.5. Diagram Alir Penelitian 24
Gambar 4.1. Penampang Resistivitas 2D Lintasan A 27
Gambar 4.2. Penampang Resistivitas 2D Lintasan B 28
Gambar 4.3. Penampang Resistivitas 2D Lintasan C 29
Gambar 4.4. Penampang Resistivitas 2D Lintasan D 30
Gambar 4.5. Penampang Resistivitas 2D Lintasan E 31
Gambar 4.6. Penampang Resistivitas 2D Lintasan F 32
Gambar 4.7. Interpretasi Lapisan Batuan di Lintasan A 34
Gambar 4.8. Interpretasi Lapisan Batuan di Lintasan B 36
Gambar 4.9. Interpretasi Lapisan Batuan di Lintasan C 38
Gambar 4.10. Interpretasi Lapisan Batuan di Lintasan D 40
Gambar 4.11. Interpretasi Lapisan Batuan di Lintasan E 42
Gambar 4.12. Interpretasi Lapisan Batuan di Lintasan F 44
Gambar 4.13. Visualisasi 3D Penampang Resistivitas Lintasan A, B, C, E dan F 46
Gambar 4.14. Model Solid Resistivitas 3D Dusun Bajulmati 47
Gambar 4.15. Model Fence Resistivitas 3D Dusun Bajulmati 48

Gambar 4.16. Slicing Model 3D pada Elevasi 24 mdpl, 19 mdpl dan 14 mdpl.....50
Gambar 4.17. Slicing Model 3D pada Elevasi 9 mdpl, 4 mdpl dan 0 mdpl.....51
Gambar 4.18. Zonasi Wilayah Intrusi Air Laut.....54
Gambar Lampiran 1. Lembar Hasil Uji Laboratorium dari Sampel Air Sumur.....61
Gambar Lampiran 2. Sampel Air Sumur: Sampel A dan G dari Sumur Pak Tris, Sampel B dari Sumur Bu Sum, Sampel C dari Sumur Mas Rohman, Sampel D dari Pak Slamet, Sampel E dari Sumur Pak Hidayat, Sampel F dari Pantai Bajulmati dan Sampel H dari Sumur Bu Ani.....62
Gambar Lampiran 3. Proses Pencatatan Data oleh Operator Alat pada 6 April 2019.....62
Gambar Lampiran 4. Salah Satu Lintasan Akuisisi.....63

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1. Nilai Resistivitas Beberapa Material di Bumi 16
Tabel 4.1. Hasil Uji Salinitas Sampel Air Sumur dan Air Laut 25

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Geofisika merupakan suatu ilmu yang mempelajari fenomena – fenomena kebumian dengan penerapan prinsip fisika di dalamnya. Sedangkan geolistrik merupakan salah satu metode yang dapat diterapkan dalam bidang geofisika, prinsip kerja metode ini adalah mempelajari aliran listrik di dalam bumi dan cara mendeteksinya di permukaan bumi. Dalam hal ini meliputi pengukuran potensial, arus, dan medan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat injeksi arus ke dalam bumi (buatan). Salah satu metode geolistrik adalah metode resistivitas, dimana metode ini pada prinsipnya bekerja dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua elektroda arus sehingga menimbulkan beda potensial. Beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial tersebut dapat diperoleh nilai resistivitas atau tahanan jenis sebagai suatu respon dari material yang berada di dalam bumi (Telford, dkk. 1990). Salah satu aplikasi dari metode resistivitas ialah penyelidikan intrusi air laut.

Terdapat berbagai penelitian yang dilakukan untuk melakukan penyelidikan terhadap intrusi air laut. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Wardhana, Dwa dan Amien (2017), yakni penyelidikan intrusi air laut pada air tanah di daerah Surabaya Timur dengan memanfaatkan metode resistivitas konfigurasi *Wenner – Schlumberger* yang juga diintegrasikan dengan metode polarisasi terimbas. Hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya intrusi air laut yang berasosiasi dengan lempung. Selanjutnya Muna (2017) melakukan penelitian serupa dengan menggunakan konfigurasi *Wenner* Alpha yang dilakukan di Desa Sumbersari, Kecamatan Purwoharjo, Kabupaten

Banyuwangi yang terletak 7 km dari pesisir pantai selatan Banyuwangi. Hasil yang diperoleh juga hampir serupa dengan penelitian sebelumnya dimana hasil penelitian menunjukkan adanya intrusi air laut.

Salah satu daerah yang memiliki potensi terjadinya intrusi air laut adalah Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo, Gedangan, Kabupaten Malang. Hal tersebut dikarenakan letak pemukiman warga hanya berjarak kurang dari 1 km dari tepi pantai. Asumsi tersebut juga diperkuat oleh cerita dari penduduk sekitar tentang sumur – sumur di rumah mereka yang sudah berubah menjadi payau maupun asin. Secara geologi, Dusun Bajulmati tersusun oleh formasi yang terdiri dari batuan sedimen seperti gamping dan sisipan lempung sehingga memungkinkan adanya intrusi yang melalui pori – pori batuan tersebut. Ulfa, Daeng dan Sujito (2014) juga melakukan penelitian serupa yang dilakukan di sumur air asin dan sumur air tawar yang berada di pantai Bajulmati, Kabupaten Malang. Hasil penelitian tersebut juga menunjukkan adanya intrusi air laut yang ditandai dengan munculnya nilai resistivitas yang sangat rendah. Oleh karena itu, dilakukan penyelidikan intrusi air laut di Desa Gajahrejo, Gedangan, Kabupaten Malang untuk mengetahui kemungkinan adanya intrusi laut yang menyebar hingga ke seluruh desa tersebut serta sebagai suatu langkah pemetaan wilayah terdampak dari intrusi air laut.

1.2. Perumusan Masalah

1. Apa saja lapisan bawah permukaan yang kemungkinan mempengaruhi adanya intrusi air laut di Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang berdasarkan sebaran nilai resistivitasnya?

2. Seberapa jauh Dusun Bajulmati terdampak oleh intrusi air laut?

1.3. Batasan Masalah

1. Akusisi data mayoritas dilakukan di wilayah pemukiman Dusun Bajulmati.
2. Pengambilan sampel air sumur dilakukan pada 6 sumur yang dekat dari lintasan akuisisi sebagai variabel bebas dan sampel air dari Pantai Bajulmati sebagai variabel terikat.
3. Pengujian salinitas sampel air sumur menggunakan refraktometer.

1.4. Tujuan

1. Mengidentifikasi lapisan bawah permukaan yang kemungkinan mempengaruhi adanya intrusi air laut di Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang berdasarkan sebaran nilai resistivitasnya.
2. Mengetahui seberapa jarak terjauh dan daerah mana saja yang terdampak oleh intrusi air laut di Dusun Bajulmati.

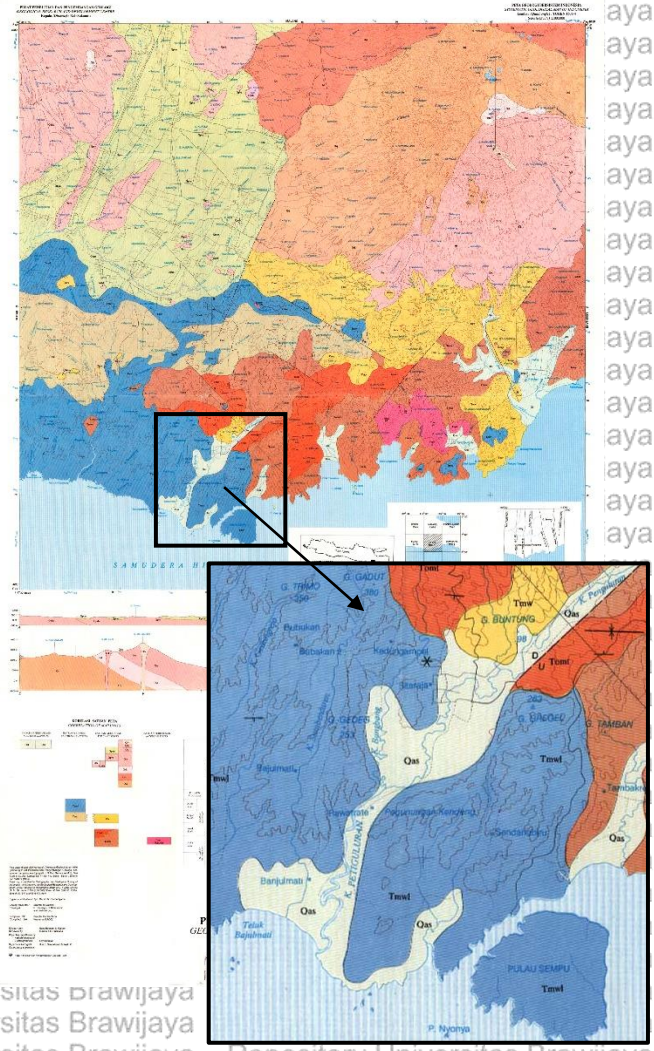
1.5. Manfaat

1. Memberikan informasi tentang lapisan bawah permukaan di Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang.
2. Memberikan informasi bagi warga Dusun Bajulmati tentang wilayah mana saja yang terdampak intrusi air laut di Dusun Bajulmati.
3. Menjadi referensi bagi penelitian-penelitian baru di masa mendatang yang terkait dengan intrusi air laut.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi Regional Gedangan



Gambar 2.1. Peta Geologi Gedangan berdasarkan Peta Geologi Lembar Turen (Sujanto dkk, 1992)

Tmwl : Formasi Wonosari yang terdiri dari batu gamping, napal pasiran dan sisipan lempung.

Tmw : Formasi Wuni yang terdiri dari breksi dan lava andesit-basalt, breksi tuf, breksi lahar dan tuf pasiran.

Tomt : Anggota Tuf Formasi Mandalika yang terdiri dari tuf andesit-riolit-dasit dan breksi tuf berbatuapung.

Tomn : Formasi Mandalika yang terdiri dari lava andesit, basalt, trakit, dasit dan breksi andesit terpiropilitkan.

Qas : Endapan rawa dan sungai yang terdiri dari kerikil, pasir, lempung dan sisa tumbuhan.

Secara geologi, Kabupaten Malang masih merupakan bagian dari zona Kendeng dan terdiri dari batuan sedimen dan batuan vulkanik serta endapan permukaan. Khususnya di Kecamatan Gedangan, secara geologi memiliki beberapa jenis formasi yang berbeda, antara lain Formasi Wonosari, Formasi Nampol, Formasi Wuni dan Formasi Mandalika. Formasi Wonosari berumur miosen akhir dan tersusun dari batu gamping, napal pasiran dan sisipan lempung. Formasi Wuni juga berumur miosen tengah dan hanya tersusun dari lava andesit, basalt, breksi dan tuf pasiran. Dan terakhir Formasi Mandalika yang merupakan formasi paling tua dengan kisaran umur yakni oligosen akhir hingga miosen muda. Formasi tersebut tersusun dari lava andesit, breksi andesit, basalt trakit dan dasit. Untuk struktur geologinya terdiri dari patahan dan lipatan yang berupa sinklin. Patahan aktif yang ada menyebabkan terjadinya kontak antar formasi batuan vulkanik. Kemungkinan juga terdapat beberapa patahan lainnya yang diduga masih tersembunyi di bawah permukaan (Sujanto dkk, 1992).

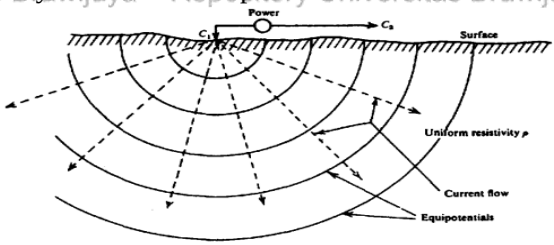
2.2. Metode Resistivitas

Salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi adalah metode geolistrik. Metode ini meliputi pengukuran potensial, arus, dan medan elektromagnetik yang terjadi baik secara alami atau pun akibat injeksi arus kedalam bumi dengan tujuan tertentu. Metode resistivitas adalah metode geolistrik yang melibatkan arus listrik yang diinjeksikan ke dalam tanah melalui elektroda. Prosedur selanjutnya yaitu mengukur beda potensial yang timbul menggunakan elektroda yang berbeda. Setelah potensial diketahui maka nilai resistivitas dapat dihitung (Lowrie, 2007).

Aliran arus listrik di dalam bumi diasumsikan bahwa bumi merupakan medium homogen isotropis. Ketika arus listrik dialirkan ke dalam bumi, arus listrik akan mengalir ke segala arah dan berbentuk setengah bola, seperti pada Gambar di bawah.

2.2.1. Elektroda Arus Tunggal di Permukaan Tanah Homogen

Apabila ujung elektroda yang menghantarkan arus sebanyak I ampere diletakkan pada permukaan media yang homogen, isotropoik dan udara diatasnya memiliki konduktivitas nol, maka mempunyai sistem tiga titik yang digunakan dalam layout resistivitas permukaan. Letak elektroda arus balikan dengan kata lain berada pada titik yang jauh jaraknya dari elektroda pertama.



Gambar 2.2. Sumber Arus Tunggal di Permukaan Tanah Homogen (Telford dkk, 1990)

Penggunaan persamaan laplace menggunakan koordinat bola dapat diaplikasikan untuk memperoleh nilai resistivitas (r), potensial (v), dan medan listrik (E), dengan asumsi daerah sekitar bola merupakan ruang bebas dan tidak ada muatan maupun konduktor lain disekitar bola. Dengan demikian, diperoleh nilai resistivitas (r) tak hingga karena bersifat radial maka menyebabkan nilai potensial (v) semakin mendekati 0 dan medan listrik (E) dengan nilai relatif kecil. Keadaan ini dapat digambarkan pada Gambar 2.2.

Persamaan laplace dalam koordinat bola dapat dituliskan sebagai berikut

$$\nabla^2 V = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial V}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2 sin\theta}\frac{\partial}{\partial \theta}\left(sin\theta\frac{\partial V}{\partial V}\right) + \frac{1}{r^2 sin^2\theta}\frac{\partial^2 V}{\partial \emptyset} = 0 \quad (2.1)$$

Dalam pandangan pada media tanah membentuk simetri bidang bola, dilihat pada Gambar 2.2. V tidak menjadi fungsi dari θ dan Ø maka persamaan laplace menjadi

$$\nabla^2 V = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{dV}{dr}\right) = 0 \quad (2.2)$$

Kalikan persamaan diatas dengan r^2

$$\nabla^2 V r^2 = \frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{dV}{dr}\right) = 0 \quad (2.3)$$

$$\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{dV}{dr}\right) = 0 \quad (2.4)$$

Integralkan persamaan diatas

$$\int \partial\left(r^2\frac{dV}{dr}\right) = 0 \quad (2.5)$$

Sehingga didapat

$$r^2\frac{dV}{dr} = A \quad (2.6)$$

Integralkan persamaan diatas dengan disusun sebagai berikut

$$\int \partial V = \int \frac{A}{r^2}\partial r \quad (2.7)$$

$$\int \partial V = \int A r^{-2}\partial r \quad (2.8)$$

Sehingga didapat

$$r^2\frac{dV}{dr} = A \tag{2.9}$$

dimana

A dan B konstanta

B= 0 (karena r = tak hingga)

Hasil yang didapatkan dari integral inilah yang menjadi acuan untuk mencari potensial dua elektroda potensial di tanah homogen. Dengan A dan B adalah konstanta dan B=0 saat panjang lintasan penghantar tak terhingga dan bersifat radial maka persamaan di atas menjadi

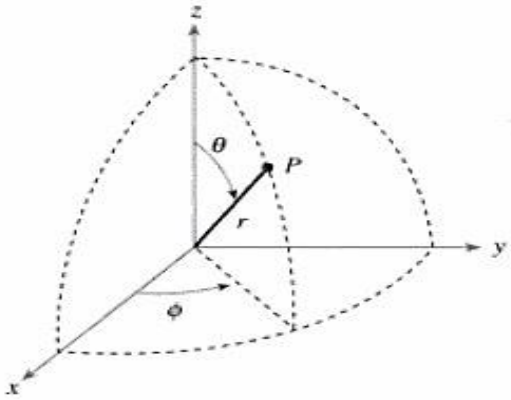
$$V = -\frac{A}{r} \tag{2.10}$$

Syarat keadaan batas permukaan adalah

$$E_z = \frac{\partial V}{\partial z} = 0 \; pada \; z = 0 (karena \; \sigma_{udara} = 0) \tag{2.11}$$

Syarat ini sudah terpenuhi karena

$$\frac{\partial V}{\partial z} = \frac{\partial \frac{-A}{r}}{\partial z} = \frac{-\partial}{dr\left(\frac{A}{r}\right)\left(\frac{\partial r}{\partial z}\right)} = \frac{Az}{r^3} = 0 \; pada \; z = 0 \tag{2.12}$$



Gambar 2.3. Sistem Koordinat Bola (Telford dkk, 1990)

Dalam pandangan simetri bola seperti terlihat pada Gambar diatas, Arus listrik mengalir membentuk permukaan potensial setengah bola pada media yang lebih rendah. Persamaan

berikut digunakan untuk menghitung total arus listrik yang mengalir membentuk permukaan bola. Berdasarkan persamaan rapat arus J=I/A maka

$$I = 4\pi r^2 J \tag{2.13}$$

$$I = -4\,\pi r^2 \sigma \frac{\partial V}{\partial r} \tag{2.14}$$

$$I = -4\,\pi\sigma A \tag{2.15}$$

Jumlah total arus listrik yang mengalir membentuk permukaan setengah bola, sehingga luas permukaan bola dibagi dua dan diperoleh arus berikut

$$I = -2\,\pi\sigma A \tag{2.16}$$

Karena $\sigma = \frac{1}{\rho}$, maka didapatkan arus total yang mengalir membentuk persamaan setengah bola adalah

$$I = \frac{-2\pi A}{\rho} \tag{2.17}$$

$$A = -\frac{I\rho}{2\pi} \tag{2.18}$$

Untuk mendapatkan resistivitas dari elektroda arus tunggal dipermukaan tanah maka subtitusikan persamaan di atas ke persamaan tegangan radial sehingga

$$V = -\frac{\left(\frac{-I\rho}{2\pi}\right)}{r} \tag{2.19}$$

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \tag{2.20}$$

$$\rho = \frac{2\pi r V}{I} \tag{2.21}$$

Persamaan di atas merupakan rumus untuk menentukan resistivitas dari elektroda arus tunggal di permukaan tanah (Lowrie, 2007).

2.2.2. Dua Elektroda Arus di Permukaan Tanah Homogen

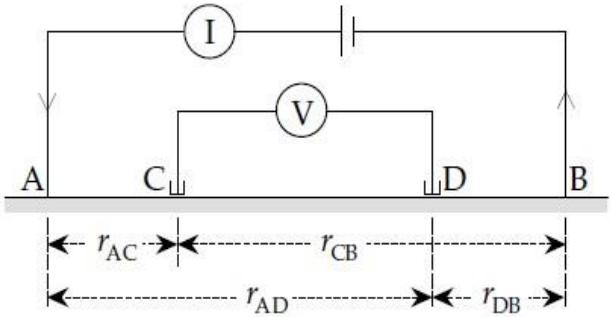
Potensial listrik pada lingkungan permukaan di sekitar elektroda akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus hanya

bila jarak antara kedua elektroda arus tersebut tidak terlalu jauh. Konfigurasi dua elektroda arus dipermukaan tanah homogen dapat dilihat pada Gambar 2.4. Potensial yang diakibatkan dari elektroda A pada C adalah V_1 dengan I_1

$$A_1 = -\frac{I\rho}{2\pi} \tag{2.22}$$

Subtitusikan persamaan di atas ke persamaan tegangan radial

$$V_1 = -\frac{A_1}{\mathrm{rAC}} = \frac{I\rho}{2\pi \mathrm{rAC}} \tag{2.23}$$



Gambar 2.4. Dua Elektroda Arus dan Dua Elektroda Potensial di Permukaan Tanah Homogen (Lowrie,2007)

Potensial yang diakibatkan dari elektroda B pada C adalah V_2. Karena arah I_2 berlawanan dengan I_1 maka I= - I_2.

$$A_2 = -\frac{(-I)\rho}{2\pi} \tag{2.24}$$

$$A_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \tag{2.25}$$

Subtitusikan persamaan di atas pada persamaan tegangan radial sehingga diperoleh

$$V_2 = -\frac{A_2}{\mathrm{rCB}} = -\frac{I_2\rho}{2\pi \mathrm{rCB}} \tag{2.26}$$

Maka diperoleh beda potensial pada C adalah

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{\mathrm{rAC}} - \frac{1}{\mathrm{rCB}}\right) \tag{2.27}$$

Potensial yang diperoleh dari elektroda A pada D adalah V_3

$$A_3 = -\frac{r_{AD}\rho}{2\pi} \tag{2.28}$$

Subtitusikan persamaan di atas pada persamaan tegangan radial maka I=I_3

$$V_3 = \frac{A_3}{\text{rAD}} = \frac{I\rho}{2\pi \text{rAD}} \tag{2.29}$$

$$A_4 = \frac{(-I_4)\rho}{2\pi} \tag{2.30}$$

$$A_4 = \frac{I\rho}{2\pi} \tag{2.31}$$

Subtitusikan persamaan di atas pada persamaan persamaan tegangan radial sehingga diperoleh

$$V_4 = -\frac{A_4}{\text{rDB}} = -\frac{I\rho}{2\pi \text{rDB}} \tag{2.32}$$

Maka diperoleh beda potensial pada D sebagai berikut

$$V_3 + V_4 = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{\text{rAD}} - \frac{1}{\text{rDB}}\right) \tag{2.33}$$

Sehingga diperoleh beda potensial antara titik C dan D dapat diketahui dengan persamaan

$$\Delta V = (V_1 + V_2) - (V_3 + V_4) \tag{2.34}$$

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi}\left\{\left(\frac{1}{\text{rAC}} - \frac{1}{\text{rCB}}\right) - \left(\frac{1}{\text{rAD}} - \frac{1}{\text{rDB}}\right)\right\} \tag{2.35}$$

Maka

$$\rho = \frac{2\pi\Delta V}{I\left\{\left(\frac{1}{\text{rAC}} - \frac{1}{\text{rCB}}\right) - \left(\frac{1}{\text{rAD}} - \frac{1}{\text{rDB}}\right)\right\}} \tag{2.36}$$

Dari persamaan di atas maka diperoleh resistivitas tanah dengan jarak masing-masing elektroda yang telah diketahui, sedangkan merupakan beda potensial diantara dua buah elektroda potensial dan dua buah elektroda arus. Bila jarak antara dua elektroda arus tidak terlalu besar, potensial di setiap titik dekat permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus tersebut. Sehingga ekuipotensial yang dihasilkan dari kedua titik sumber bersifat lebih komplek dibanding arus tunggal (Lowrie, 2007).

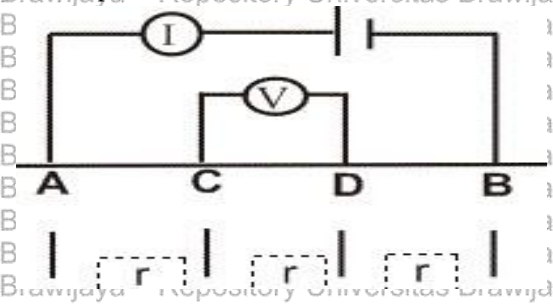
2.3. Konfigurasi *Wenner*

Metode geolistrik terdiri dari beberapa konfigurasi, misalnya yang ke 4 buah elektrodanya terletak dalam satu garis lurus dengan posisi elektroda AB dan MN yang simetris terhadap titik pusat pada kedua sisi yaitu konfigurasi *Wenner* dan *Schlumberger*. Selain kedua konfigurasi tersebut ada juga konfigurasi yang sering digunakan yakni dipole-dipole, pole-dipole dan pole-pole. Setiap konfigurasi mempunyai metode perhitungan dan faktor koreksi tersendiri untuk mengetahui nilai ketebalan dan tahanan jenis batuan di bawah permukaan.

Konfigurasi elektroda yang ditanam pada tanah merupakan salah satu hal yang penting. Pada penelitian ini menggunakan metode geolistrik elektroda konfigurasi *Wenner*. Konfigurasi ini sensitif terhadap perubahan nilai resistivitas baik secara lateral maupun vertikal. Dalam pengambilan data dengan konfigurasi *Wenner*, elektroda-elektroda yang digunakan diletakkan dalam satu garis lurus. Pengaturan jarak yang diberikan adalah

AC = CD = DB = r

Dimana A dan B merupakan elektroda arus sedangkan C dan D merupakan elektroda potensial. Dengan kata lain, jarak antar elektroda dibuat sama dan perpindahan elektrodanya disesuaikan dengan jarak antar elektroda. Peletakkan elektroda dengan cara *Wenner* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Konfigurasi Wenner (Priambodo dkk, 2011)

Pada resistivitas mapping, jarak spasi elektrode tidak berubah-ubah untuk setiap titik datum yang diamati atau besarnya a tetap, sedang pada resistivitas sounding, jarak spasi elektrode diperbesar secara bertahap, mulai dari harga a kecil sampai harga a besar, untuk satu titik sounding (Priambodo dkk, 2011).

Berikut persamaan faktor geometri untuk konfigurasi *Wenner*

$$K = 2\pi\left(\frac{1}{\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{2r}\right)-\left(\frac{1}{2r}-\frac{1}{r}\right)}\right) \quad (2.37)$$

$$K = 2\pi\left(\frac{1}{\left(\frac{2-1}{2r}\right)-\left(\frac{1-2}{2r}\right)}\right) \quad (2.38)$$

$$K = 2\pi\left(\frac{1}{\left(\frac{1}{2r}\right)+\left(\frac{1}{2r}\right)}\right) \quad (2.39)$$

$$K = 2\pi\left(\frac{1}{\left(\frac{1}{r}\right)}\right) = 2\pi r \quad (2.40)$$

2.4. Sifat Listrik Batuan

Aliran arus listrik didalam batuan atau mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik dan konduksi secara dielektrik (Telford dkk, 1990).

1. Kondisi secara elektronik terjadi jika batuan/mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan/mineral tersebut oleh elektron-elektron bebas itu. Aliran listrik ini juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya. Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut adalah resistivitas (tahanan jenis), dimana resistivitas (tahanan jenis) merupakan karakteristik bahan yang mampu menunjukan kemampuan batuan tersebut untuk menghantarkan arus listrik.Resistivitas mempunyai pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), dimana resistansi tidak hanya

tergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut. Sedangkan resistivitas tidak bergantung pada faktor geometri.

2. Konduksi elektrolitik terjadi jika batuan/mineral bersifat pori-pori tersebut terisi oleh cairan-cairan elektrolitik. Pada kondisi ini arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolit. Konduktivitas dan resistivitas batuan porous bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang.
3. Konduksi dielektrik terjadi jika batuan/mineral bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit bahkan tidak sama sekali. Tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar maka elektron dalam bahan berpindah dan berkumpul terpisah dari inti sehingga terjadi polarisasi.

2.5. Resistivitas Batuan

Resistivitas pada batuan berbeda-beda. Pada mineral logam, nilainya berkisar antara 10^{-5} Ωm, batuan seperti gabbro dengan nilai berkisar pada 10^{7} Ωm. Begitu pula pada batuan-batuan lain, dengan komposisi yang bermacam-macam akan menghasilkan range resistivitas yang bervariasi pula. Sehingga range resistivitas maksimum yang mungkin adalah dari 1.6×10^{-8} (perak asli) hingga 10^{16} Ωm (belerang murni). Konduktor biasanya didefinisikan sebagai bahan yang memiliki resistivitas kurang dari 10^{-5} Ωm, sedangkan isolator memiliki resistivitas lebih dari 10^{7} Ωm. Dan diantara keduanya adalah bahan semikonduktor. Di dalam konduktor, berisi banyak elektron bebas dengan mobilitas yang sangat tinggi. Sedangkan pada semikonduktor, jumlah elektron bebasnya lebih sedikit. Isolator dicirikan dengan ikatan

ionik sehingga elektron-elektron valensi tidak bebas bergerak (Telford dkk, 1990).

Menurut Telford dkk (1990) secara umum berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

1. Konduktor baik : $10^{-8} < \rho < 1\ \Omega m$.
2. Konduktor pertengahan : $1 < \rho < 10^{7}\ \Omega m$.
3. Isolator : $\rho > 10^{7}\ \Omega m$.

Variasi resistivitas material bumi ditunjukkan dalam tabel berkut:

Tabel 2.1. Nilai Resistivitas Beberapa Material di Bumi

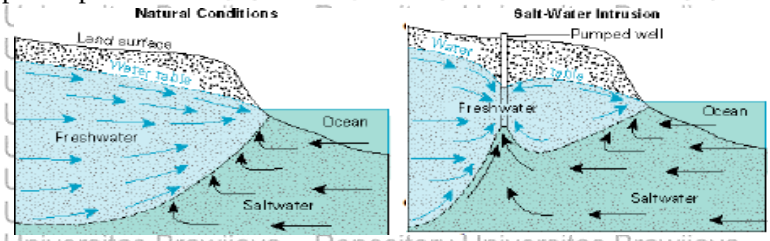
Material	Nilai Resistivitas (Ωm)
Air Permukaan	0,5 – 20
Air Laut	0,2 – 0,3
Udara	$2 \times 10^{6} – 5 \times 10^{7}$
Alluvium	10 – 800
Lempung	1 – 100
Pasir	1 – 1.000
Batu Pasir	10 – 2.000
Batu Gamping	50 – 3.000
Basalt	200 – 100.000
Andesit	17 – 450.000
Pirit	0,01 – 100
Kuarsa	500 – 800.00
Kalsit	$1 \times 10^{12} – 1 \times 10^{13}$

Sumber: Telford, dkk (1990)

2.6. Intrusi Air Laut

Terdapat banyak definisi mengenai intrusi air laut, salah satunya Putranto dan Kusuma (2009) yang mendefinisikan intrusi air laut sebagai penyusupan air laut ke dalam pori-pori batuan dan

mencemari air tanah yang terkandung di dalamnya sehingga menyebabkan air tanah berubah menjadi air payau atau bahkan menjadi air asin. Hendrayana (2002) dengan sederhana mendefinisikan intrusi air laut sebagai proses masuknya air laut di bawah permukaan tanah melalui suatu akuifer. Akan tetapi, menurut Putri, Bambang dan Liliya (2016) intrusi air laut merupakan fenomena meresapnya air laut ke dalam air tanah baik secara alami ataupun buatan yang disebabkan oleh pengambilan air tanah untuk kebutuhan domestik dan sebagainya. Dari beberapa definisi tersebut dapat dijelaskan bahwa intrusi air laut merupakan suatu peristiwa masuknya air laut melalui pori – pori batuan baik secara alami maupun diakibatkan aktivitas manusia dan dapat mengubah kandungan kimia air tanah yang ada di dalam pori – pori batuan tersebut.



Gambar 2.6. Ilustrasi Proses Terjadinya Likuifaksi (Asdak, 2007)

Leboeuf (2000) mengemukakan bahwa proses intrusi air laut terjadi melalui beberapa cara yaitu :

1. Pergeseran batas air laut dan air tawar di daerah pantai. Pergesaran ini terjadi karena pengambilan air tanah berlebihan sehingga menurunkan muka air tanah.
2. Pemompaan air tanah yang berlebihan di daratan. Akibat pemompaan yang berlebihan air yang tersedot bukan air tawar lagi tetapi air asin. Akibatnya air asin yang tersedot akan menyebar dan mencemari air tanah bebas di sekitar pemompaan. Adanya pori–pori tanah yang berlubang,

menyebabkan air laut masuk ke daratan. Hal itu terjadi karena air tanah yang dipompa keluar terlalu besar dan ruang kosong atau pori-pori ini diisi oleh air laut. Dampaknya, air di daratan yang selama ini tawar menjadi payau.

3. Intrusi melalui muara sungai. Intrusi air laut pada air sungai menyebabkan air berkadar garam tinggi ini bergerak dan mengisi air tanah disekitarnya. Akibatnya air tanah di sekitar sungai berkadar garam tinggi juga.

Ode (2011) mengemukakan beberapa permasalahan yang timbul akibat terjadinya intrusi air laut, yaitu:

1. Kerusakan pada air tanah yang semula tawar menjadi asin. Apabila dikonsumsi maupun digunakan dalam aktivitas sehari – hari oleh masyarakat sekitar akan menyebabkan gangguan metabolisme tubuh maupun penyakit kulit dan pencernaan.
2. Perubahan sifat fisik dan kimia tanah.
3. Peningkatan salinitas tanah.
4. Perubahan fisik batas perairan.
5. Perubahan vegetasi yang tumbuh.
6. Perubahan profil dasar pantai.
7. Hilangnya biota – biota sungai tertentu akibat kematian maupun migrasi.

Menurut Hendrayana (2002) pengendalian intrusi air laut dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain:

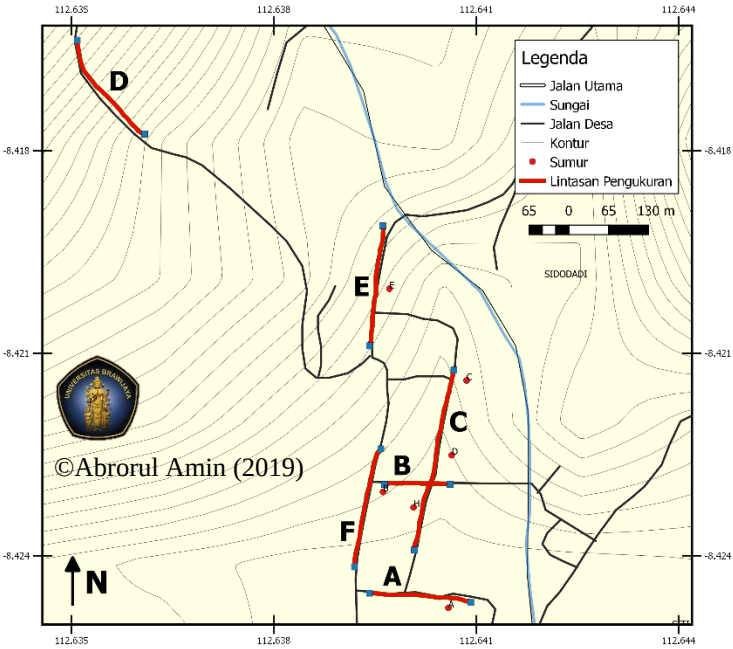
1. Pengurangan pemompaan air di daerah pantai.
2. Pembuatan pengisian air bawah tanah seperti sumur injeksi.
3. Pemompaan air laut yang terdapat pada akuifer.
4. Pembuatan penghalang di bawah tanah daerah pantai yang dapat dilakukan dengan cara injeksi air tawar pada akuifer.
5. Pengendalian penggunaan air tanah.
6. Penetapan zona konservasi air tanah.
7. Pengurangan alih fungsi lahan di daerah pantai.
8. Penyuluhan terkait pentingnya air tanah.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Akuisisi data dilakukan pada tanggal 6 April – 24 April 2019 bertempat di Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang. Untuk pengolahan dan analisis data dilakukan setelah akuisisi data selesai dilaksanakan hingga 28 September 2019.

3.2. Rancangan Penelitian



Gambar 3.1. Desain Survei Daerah Penelitian

3.3. Materi Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan beberapa materi yang berupa data, peralatan akuisisi dan perangkat lunak, antara lain:

1. Data yang digunakan, antara lain:
   - Data koordinat lintang dan bujur
   - Data koordinat UTM
   - Data nilai resistansi yang terbaca (Ω)
   - Data nilai beda potensial (V)
   - Data nilai arus injeksi (mA)
   - Data elevasi (meter)
2. Peralatan yang digunakan pada akuisisi data, antara lain:
   - Resistivity Meter
   - GPS
   - Elektroda
   - Kabel Roll dan Capit Buaya
   - Palu
   - Aki
   - Meteran
   - HT
   - Laptop
3. Perangkat lunak yang digunakan antara lain:
   - Microsoft Word
   - Microsoft Excel
   - Google Earth
   - Res2DInv
   - RockWorks
   - QGis

3.4. Langkah Penelitian

3.4.1. Persiapan

Sebelum akuisisi data dilakukan, terlebih dahulu membaca beberapa jurnal penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini. Setelah itu dilakukan survei terhadap lokasi penelitian sebagai acuan dalam pembuatan desain survei. Saat survei lokasi juga dilakukan pengambilan sampel air di sumur yang terasa payau ketika musim kemarau melanda. Dari hasil survei tersebut kemudian dapat dibuat desain survei akusisi data.

3.4.2. Akuisisi Data

Akuisisi data dilakukan di Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang. Akuisisi data dilakukan dengan menggunakan konfigurasi *Wenner* dengan spasi antar elektrodanya sebesar 10 meter dengan panjang bentangan bervariasi untuk setiap lintasannya. Lintasan A memiliki panjang sebesar 180 meter, Lintas B memiliki panjang 140 meter, Lintasan C memiliki panjang 300 meter dan Lintasan D, E dan F memiliki panjang sebesar 200 meter. Saat melakukan akuisisi, besar arus yang diinjeksikan sebesar 20 mA dan banyaknya pembacaan data adalah 4. Selain itu, untuk mendapatkan kualitas data yang baik dilakukan *quality control* (QC) dengan cara melakukan pengecekan nilai resistansi ataupun nilai beda potensial yang terbaca baik dilakukan dengan cara pengecekan langsung maupun dengan cara pembuatan grafik terlebih dahulu. Apabila terdapat nilai yang menyimpang maka bisa dilakukan pembacaan ulang pada datum pengukuran yang dianggap memiliki nilai menyimpang tersebut untuk memastikan bahwa nilai tersebut bukan karena kesalahan dalam pembacaan alat. Dalam tahap akuisisi juga dilakukan

pengambilan beberapa sampel air sumur dan sampel air laut yang akan diuji tingkat salinitas di laboratorium.

©Abrorul Amin (2019)

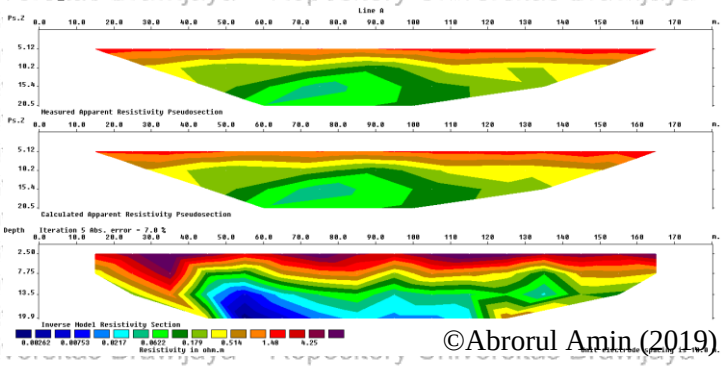
Hari, Tanggal		Senin, 8 April2019														
Lokasi		A														
Operator		Andriyanto Dwi Nugroho														
Koordinat																
n	a	AB/2	I	k	A	M	N	B	R1	R2	R3	R4	rata-rata R	rata-rata ΔV	Rho app	
1	10	15	0.02	62.8	0	10	20	30	0.036	0.032	0.033	0.033	0.0335	1.675	2.1038	
	10	15	0.02	62.8	10	20	30	40	0.028	0.028	0.028	0.027	0.02775	10.014	1.7427	
	10	15	0.02	62.8	20	30	40	50	0.026	0.027	0.027	0.026	0.0265	15.01325	1.6642	
	10	15	0.02	62.8	30	40	50	60	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	20.0135	1.6956	
	10	15	0.02	62.8	40	50	60	70	0.04	0.04	0.039	0.041	0.04	25.01975	2.512	
	10	15	0.02	62.8	50	60	70	80	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	30.02	2.512	
	10	15	0.02	62.8	60	70	80	90	0.024	0.024	0.024	0.023	0.02375	35.012	1.4915	
	10	15	0.02	62.8	70	80	90	100	0.023	0.02	0.02	0.02	0.02075	40.01075	1.3031	
	10	15	0.02	62.8	80	90	100	110	0.023	0.026	0.028	0.026	0.02575	45.01275	1.6171	
	10	15	0.02	62.8	90	100	110	120	0.041	0.038	0.038	0.038	0.03875	50.01975	2.4335	
	10	15	0.02	62.8	100	110	120	130	0.034	0.034	0.034	0.033	0.03375	55.017	2.1195	
	10	15	0.02	62.8	110	120	130	140	0.033	0.034	0.034	0.033	0.0335	60.01675	2.1038	
	10	15	0.02	62.8	120	130	140	150	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	65.015	1.884	
	10	15	0.02	62.8	130	140	150	160	0.037	0.035	0.037	0.036	0.03625	70.0185	2.2765	
	10	15	0.02	62.8	140	150	160	170	0.033	0.033	0.034	0.034	0.0335	75.01675	2.1038	
	10	15	0.02	62.8	150	160	170	180	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	80.0195	2.4492	

Gambar 3.2. Logsheet Akuisisi Data

3.4.3. Pengolahan Data

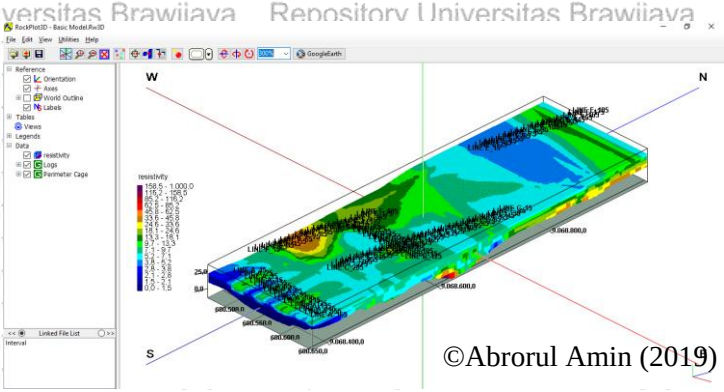
Pengolahan data dimulai dengan cara melakukan perhitungan nilai resistivitas semu berdasarkan data hasil akuisisi. Setelah diperoleh nilai resistivitas semu, pengolahan dilanjutkan dengan menggunakan *software* Res2DInv untuk mendapatkan penampang resistivitas 2D yang telah menunjukkan nilai resistivitas sebenarnya yang diperoleh dari hasil perhitungan algoritma yang terdapat di dalam *software* Res2DInv. Selanjutnya, nilai resistivitas yang diperoleh dari *software* Res2DInv dikonversi menjadi data XYZ untuk kemudian diolah dan dimodelkan dengan *software* RockWorks. Pengolahan data dengan menggunakan *software* RockWorks sendiri bertujuan untuk mendapatkan hasil pemodelan 3D sehingga dapat mengetahui persebaran nilai resistivitas pada daerah penelitian. Selanjutnya dalam proses pembuatan peta yang dibutuhkan dapat menggunakan *software* QGis. Data – data hasil pengolahan tersebut selanjutnya dapat diinterpretasi. Bersamaan dengan pengolahan data, juga dilakukan pengujian tingkat salinitas sampel air sumur di laboratorium. Pengujian salinitas sampel air tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat kandungan

garam yang terlarut di dalam air guna menunjang proses interpretasi.



©Abrorul Amin (2019)

Gambar 3.3. Pengolahan di Res2DInv



©Abrorul Amin (2019)

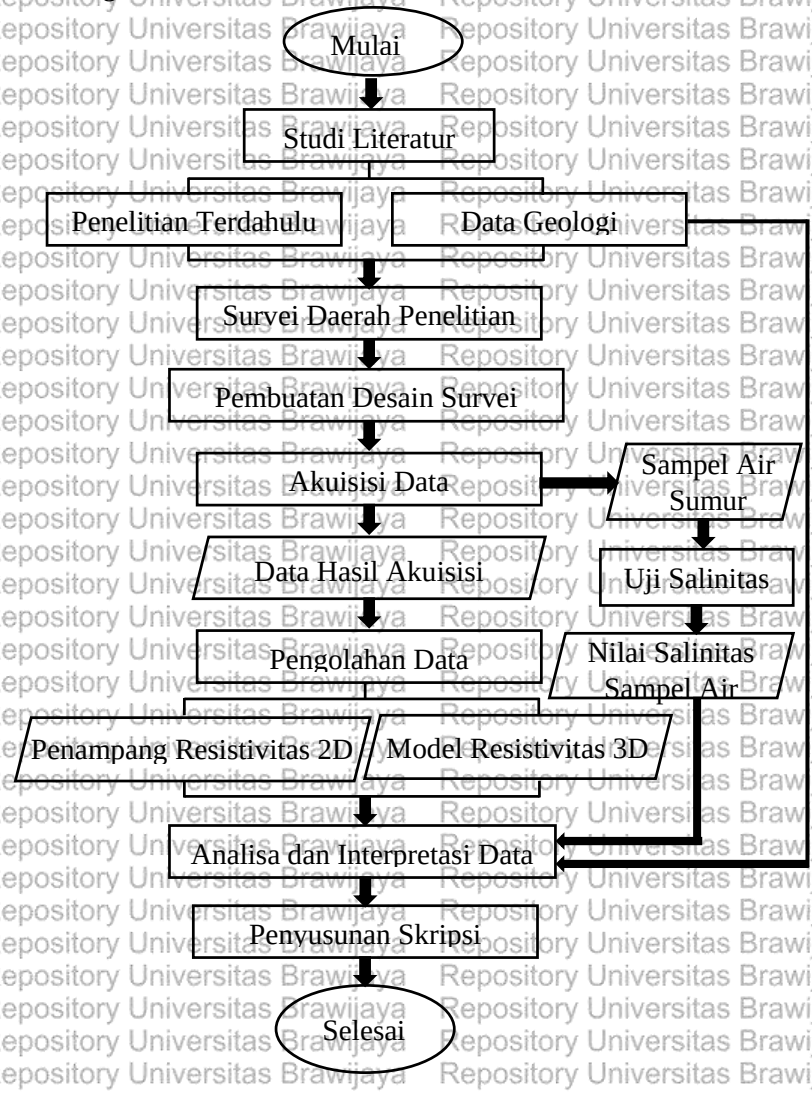
Gambar 3.4. Pemodelan 3D dengan Menggunakan RockWorks

3.4.4. Interpretasi Data

Interpretasi data dilakukan dengan cara menganalisa persebaran nilai resistivitas yang didapat. Interpretasi dapat didasarkan pada singkapan yang ditemui maupun litologi batuan yang diketahui dari daerah penelitian. Untuk analisa juga dapat dilakukan dengan mencocokkan nilai resistivitas yang diperoleh dengan tabel nilai resistivitas yang terdapat

pada literatur yang ada serta ditambah dengan data pendukung berupa hasil uji salinitas dari sampel air sumur.

3.5. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.5. Diagram Alir Penelitian

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Uji Laboratorium Sampel Air Sumur

Tabel 4.1. Hasil Uji Salinitas Sampel Air Sumur dan Air Laut

Sampel Yang Diambil Saat Survei				
No.	Kode Sampel	Koordinat Lintang	Koordinat Bujur	Salinitas (‰)
1.	A (G)	S 8°25’29,2”	E 112°38’26,1”	0
Sampel Yang Diambil Saat Akuisisi Data				
No.	Kode Sampel	Koordinat Lintang	Koordinat Bujur	Salinitas (‰)
1.	A	S 8°25’29,2”	E 112°38’26,1”	3
2.	B	S 8°25’23”	E 112°38’22,6”	0
3.	C	S 8°25’17”	E 112°38’27,1”	0
4.	D	S 8°25’21”	E 112°38’26,3”	0
5.	E	S 8°25’12,2”	E 112°38’23”	0
6.	F	S 8°25’52,7”	E 112°38’4,8”	32
7.	H	S 8°25’23,8”	E 112°38’24,3”	2

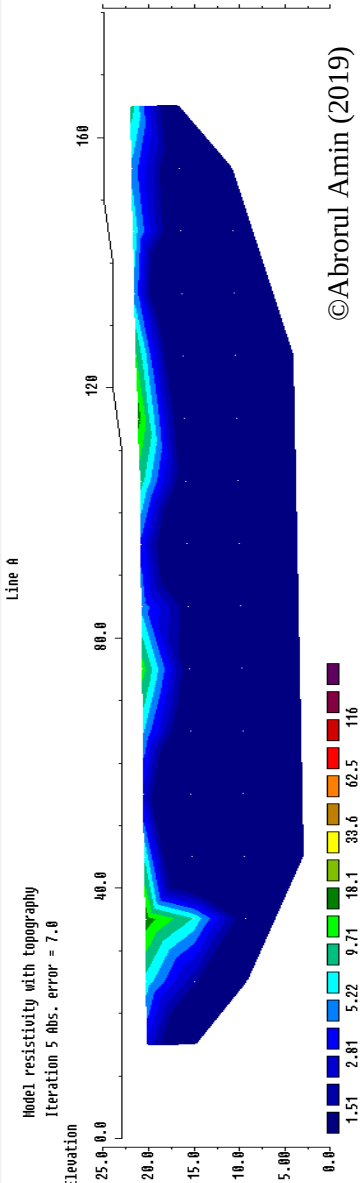
Tabel 4.1. menunjukkan hasil pengujian tingkat salinitas dari sampel air sumur dan air laut. Sampel A merupakan sampel air sumur yang diambil dari sumur milik pak Tris yang lokasinya paling dekat dengan laut (berada di lintasan A) yang berjarak sekitar 950 meter dari tepi pantai. Sampel B merupakan sampel air sumur yang diambil dari sumur milik bu Sum yang merupakan sumur tertua di Dusun (berada di antara lintasan B dan F) yang berjarak sekitar 1.040 meter dari tepi pantai. Sampel C merupakan sampel air sumur yang diambil dari sumur milik mas Rohman (berada di lintasan C) yang berjarak 1.270 meter dari tepi pantai. Sampel D merupakan sampel air sumur yang diambil dari sumur milik pak Slamet (berada di lintasan D) yang berjarak sekitar

1.155 meter dari pantai. Sampel E merupakan sampel air sumur yang diambil dari sumur milik pak Hidayat (berada di lintasan E) yang berjarak sekitar 1.345 meter dari tepi pantai. Sampel F merupakan sampel air laut yang diambil dari Pantai Bajulmati sebagai sampel pembanding. Sampel H merupakan sampel air sumur yang diambil dari sumur milik bu Ani (berada di lintasan C) yang berjarak sekitar 1.045 meter dari tepi pantai.

Pengujian salinitas tersebut bertujuan untuk mengetahui kemungkinan adanya intrusi air laut berdasarkan kadar garam yang terlarut dalam air. Biscayne Bay Water Watch/ BBWW (2018) mengklasifikasikan air ke dalam beberapa kategori berdasarkan tingkat salinitasnya. Air tawar memiliki tingkat salinitas < 0,5 ‰. Air payau memiliki tingkat salinitas antara 0,5 – 30 ‰ bergantung pada kedekatannya dengan aliran sungai atau laut. Air laut memiliki tingkat salinitas > 30 ‰, biasanya rata-rata salinitas air laut sebesar 35 ‰.

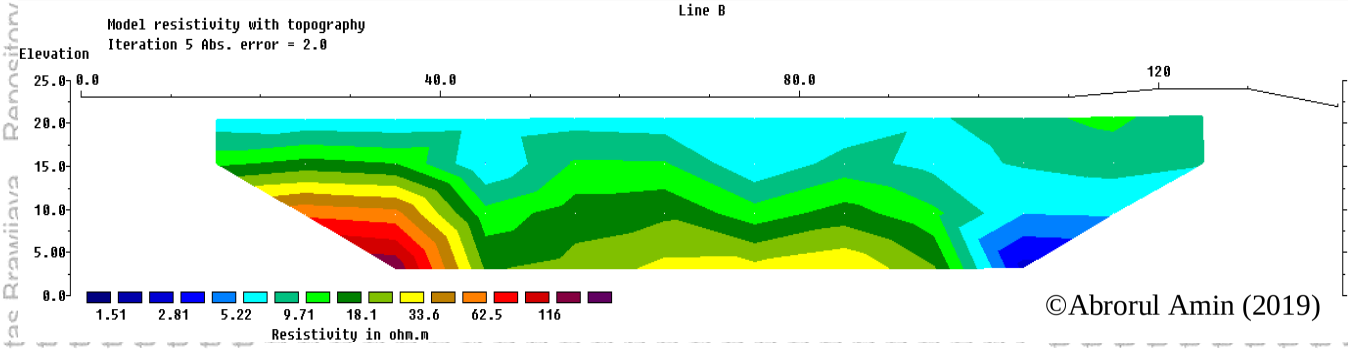
Berdasarkan klasifikasi oleh BBWW tersebut, diketahui bahwa sampel F yang merupakan sampel air laut memiliki tingkat salinitas sebesar 32 ‰, yang mengindikaskan kandungan garam yang banyak dan dikategorikan sebagai air laut, namun memiliki tingkat salinitas dibawah rata-rata salinitas air laut pada umumnya. Hal tersebut kemungkinan dikarenakan sampel air diambil dari air laut yang berada di tepi pantai. Kemudian untuk sampel B, C, D, E dan G memiliki tingkat salinitas sebesar 0 ‰, yang mengindikaskan tidak adanya kandungan garam dan dikategorikan sebagai air tawar. Selanjutnya sampel A memiliki tingkat salinitas sebesar 3 ‰, yang mengindikaskan adanya sedikit kandungan garam dan dikategorikan sebagai air payau. Dan terakhir sampel H memiliki tingkat salinitas sebesar 2 ‰, yang juga dikategorikan sebagai air payau. Hasil pengujian tingkat sampel air tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai data dalam proses analisa dan interpretasi.

4.2. Penampang Resistivitas 2 Dimensi



©Abrorul Amin (2019)

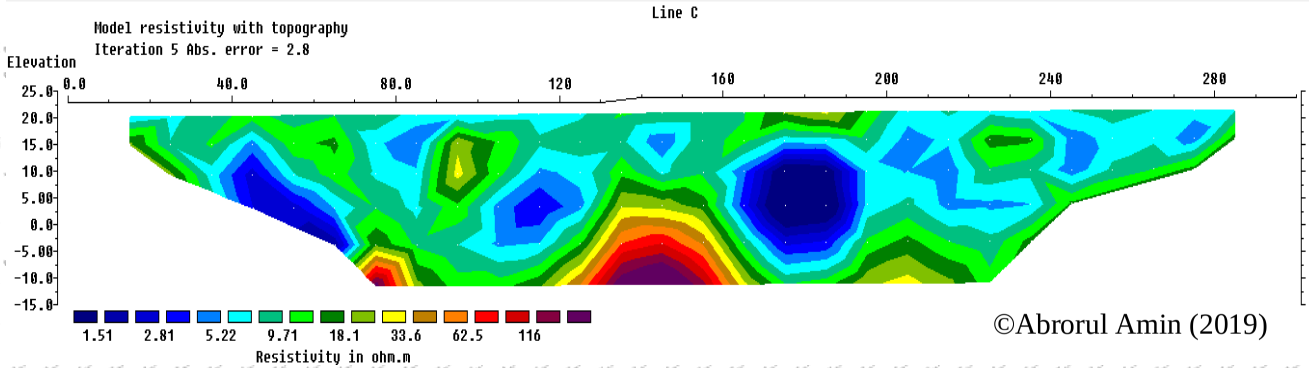
Gambar 4.1. Penampang Resistivitas 2D Lintasan A



©Abrorul Amin (2019)

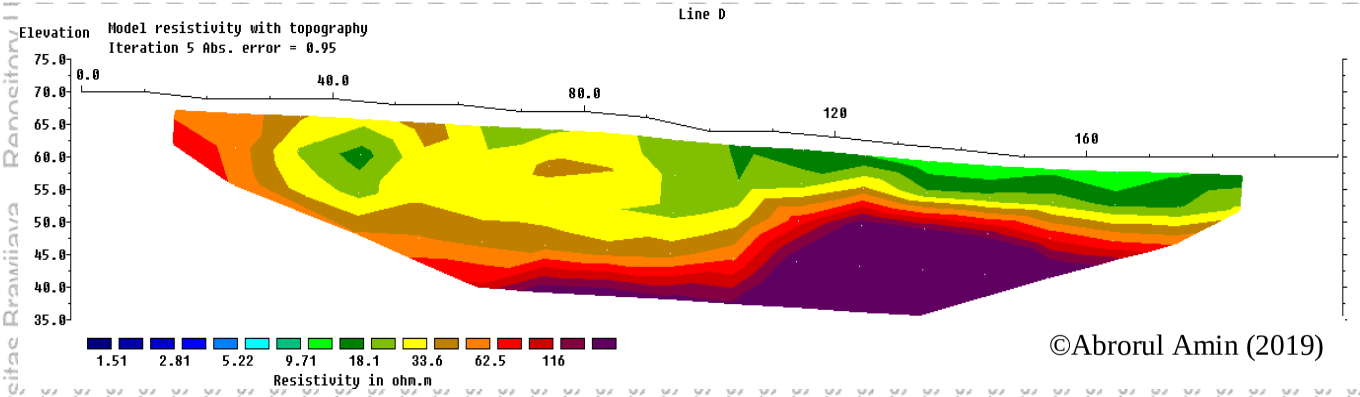
Gambar 4.2. Penampang Resistivitas 2D Lintasan B

UNIVERSITAS BRAWIJAYA REPOSITORY.UB.AC.ID



©Abrorul Amin (2019)

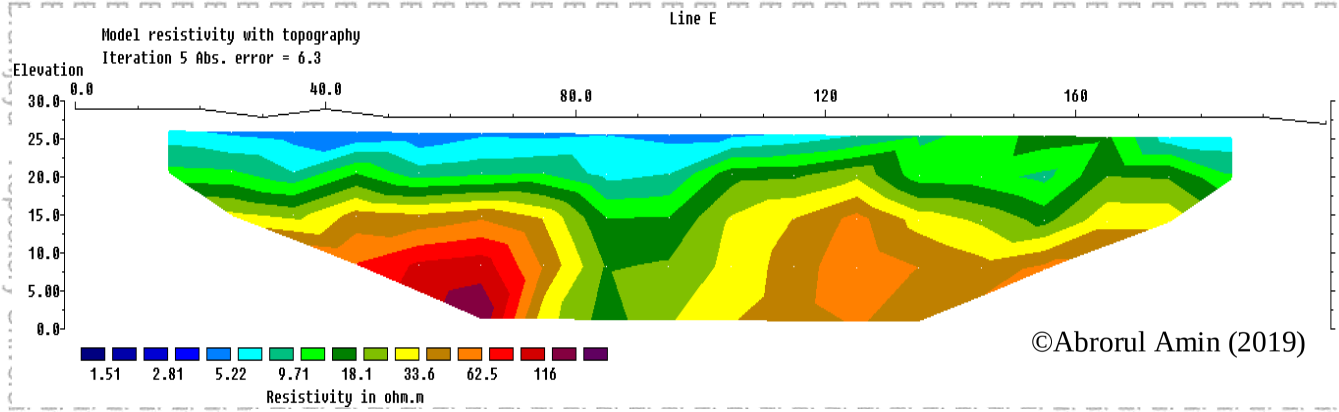
Gambar 4.3. Penampang Resistivitas 2D Lintasan C



©Abrorul Amin (2019)

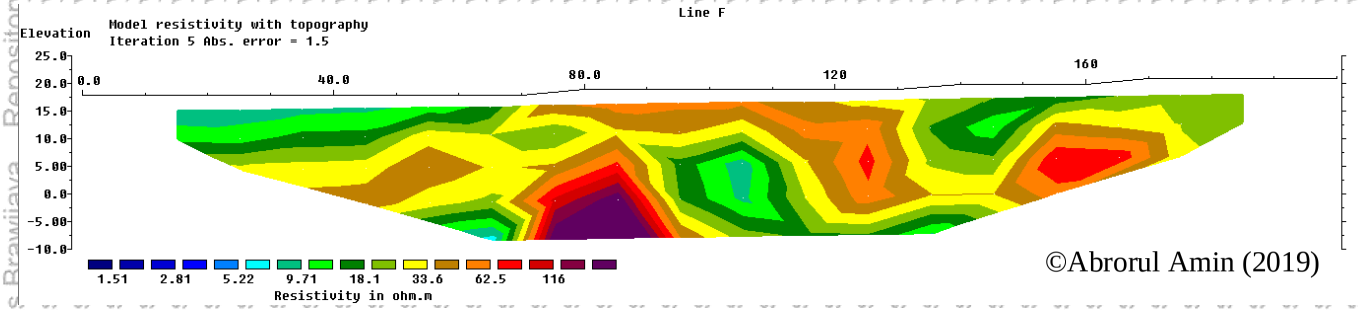
Gambar 4.4. Penampang Resistivitas 2D Lintasan D

UNIVERSITAS BRAWIJAYA REPOSITORY.UB.AC.ID



©Abrorul Amin (2019)

Gambar 4.5. Penampang Resistivitas 2D Lintasan E

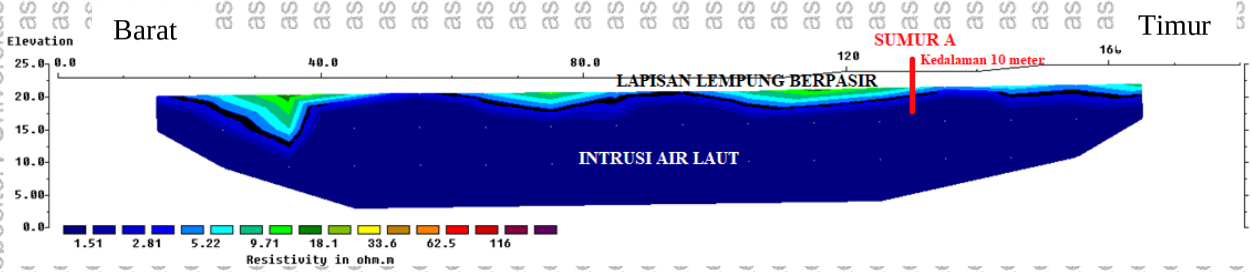


©Abrorul Amin (2019)

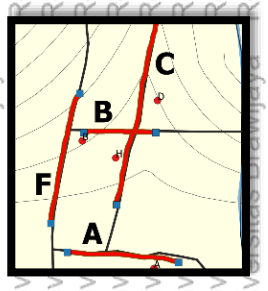
Gambar 4.6. Penampang Resistivitas 2D Lintasan F

Gambar 4.1. hingga Gambar 4.6. merupakan penampang resistivitas 2D yang diperoleh dari hasil inversi algoritma nilai resistivitas semu yang diperoleh dari hasil akuisisi data. Dari penampang resistivitas 2D yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1. hingga Gambar 4.6., terlihat bahwa nilai resistivitas dari seluruh penampang resistivitas 2D tersebut secara umum memiliki rentang nilai mulai dari 0 Ωm hingga 11.021,1 Ωm. Rentang nilai tersebut diperoleh dari hasil konversi data penampang resistivitas 2D ke dalam data dalam format .xyz. Berdasarkan tabel nilai resistivitas batuan oleh Telford dkk (1990) serta informasi geologi regional pada lembar Turen oleh Sujanto dkk (1992), akan dilakukan interpretasi lapisan batuan serta kemungkinan keberadaan intrusi air pada seluruh penampang resistivitas 2D.

Berdasarkan data nilai resistivitas serta informasi geologi regional tersebut, diketahui bahwa pada rentang nilai resistivitas dari 0 Ωm hingga 3 Ωm diinterpretasikan sebagai intrusi air laut yang ditunjukkan oleh warna birru tua, nilai resistivitas dari 3 Ωm hingga 10 Ωm diinterpretasikan sebagai air maupun lapisan batuan yang basah yang ditunjukkan oleh warna biru hingga biru muda, nilai resistivitas dari 10 Ωm hingga 30 Ωm diinterpretasikan sebagai lapisan lempung berpasir yang ditunjukkan oleh warna hijau hingga kuning, nilai resistivitas dari 30 Ωm hingga 200 Ωm diinterpretasikan sebagai lapisan batu lempung yang ditunjukkan oleh warna cokelat hingga ungu muda, dan nilai resistivitas lebih dari 200 Ωm diinterpretasikan sebagai lapisan batu gamping yang ditunjukkan oleh warna ungu tua. Dari interpretasi nilai resistivitas tersebut kemudian dilakukan interpretasi lebih lanjut pada setiap lintasan dengan dibantu data tambahan berupa hasil uji laboratorium dari beberapa sumur di lokasi penelitian.



Panjang Lintasan	180 meter
Spasi	10 meter
Jumlah datum	29

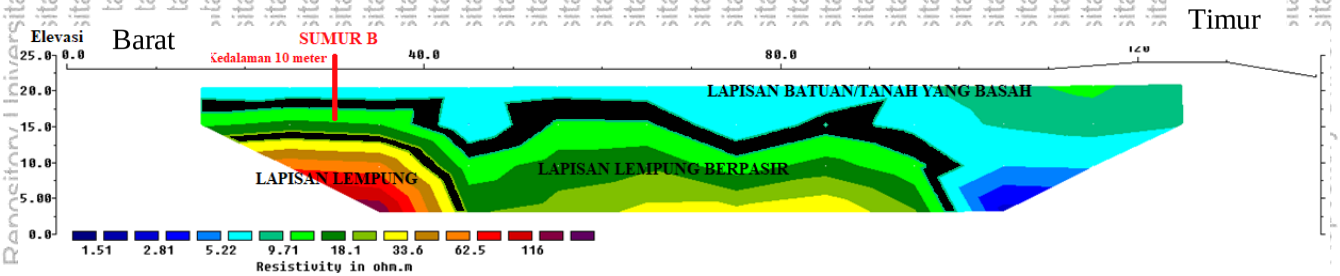


©Abrorul Amin (2019)

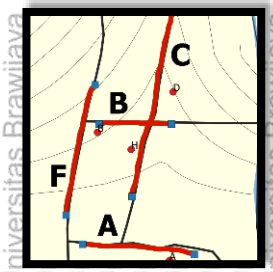
Gambar 4.7. Interpretasi Lapisan Batuan di Lintasan A

Pada Gambar 4.7. di atas, diperoleh rentang nilai resistivitas mulai dari 0 Ωm hingga 15,42 Ωm. Dari nilai resistivitas tersebut, terlihat bahwa pada lintasan A hanya terbagi menjadi 2 lapisan yakni lapisan yang terintrusi oleh air laut dan lapisan lempung berpasir. Intrusi air laut tersebut kemungkinan berada pada lapisan lempung berpasir yang berperan sebagai lapisan penampung air. Keberadaan dari intrusi air laut pada lintasan tersebut mulai terdeteksi pada kedalaman sekitar 5 meter. Intrusi air laut tersebut kemungkinan berasal dari air laut yang berhasil menekan muka air tanah sehingga dapat mengintrusi air tanah di lintasan tersebut. Hal tersebut juga didukung oleh lokasi lintasan yang berada paling dekat dengan laut.

Sebagai langkah pembuktikan bahwa lintasan tersebut mengalami intrusi air laut, dilakukan pengambilan sampel di Sumur A yang memiliki kedalaman hingga 10 meter, untuk kemudian diuji di laboratorium. Kemudian setelah dilakukan uji lab terhadap sampel air pada Sumur A tersebut, didapatkan bahwa salinitas dari sampel air sumur tersebut sebesar 3 ‰ yang menunjukkan adanya kandungan garam sehingga mengindikasikan keberadaan dari intrusi air laut. Apabila dibandingkan dengan sampel air laut di Pantai Bajulmati, salinitas air laut tersebut sebesar 32 ‰. Berdasarkan BBWW (2018), nilai 3 ‰ termasuk ke dalam kategori air payau (0,5 – 30 ‰). Selain uji sampel, dilakukan langkah pembuktian yang lain yakni pengujian air secara langsung. Hasilnya, setelah diminum diketahui bahwa air di sumur tersebut terasa cukup asin yang menunjukkan karakteristik dari air payau.



Panjang Lintasan	140 meter
Spasi	10 meter
Jumlah datum	20

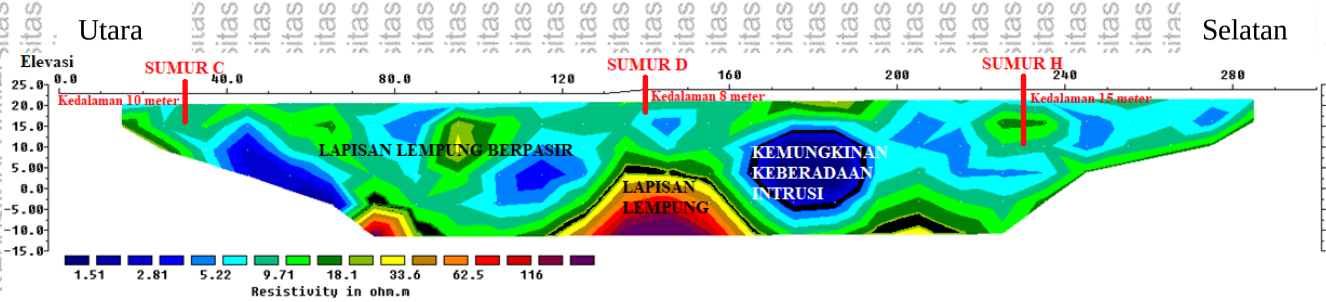


©Abrorul Amin (2019)

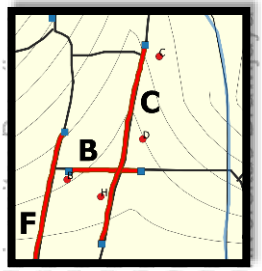
Gambar 4.8. Interpretasi Lapisan Batuan di Lintasan B

Pada Gambar 4.8. di atas, diperoleh rentang nilai resistivitas mulai dari 2,51 Ωm hingga 147,58 Ωm. Dari nilai resistivitas tersebut, terlihat bahwa pada lintasan B terbagi menjadi 3 lapisan yakni lapisan batuan yang dalam keadaan basah, lapisan lempung berpasir dan lapisan lempung. Lapisan batuan yang dalam keadaaan basah tersebut kemungkinan merupakan bagian dari lapisan lempung berpasir mengingat lapisan ini berperan sebagai lapisan penampung air. Karenanya terlihat bahwa lapisan lempung berpasir di lintas B ini sangat tebal hingga pada elevasi 0 mdpl. Lapisan lempungnya hanya terlihat sedikit mulai dari elevasi sekitar 12 mdpl. Pada kedalaman sekitar 20 meter atau elevasi 5 mdpl di meter ke 105 pada lintasan B, muncul nilai resistivitas yang sangat rendah yang mengindikasikan adanya intrusi air laut. Akan tetapi tidak dianggap sebagai sebuah intrusi, karena kemungkinan nilai resistivitas tersebut merupakan efek dari aliran sungai yang berada di dekatanya. Ketika air laut sedang pasang, maka air laut tersebut akan masuk ke dalam aliran sungai sehingga sungai tersebut meluap dan aliran airnya membawa kandungan garam dan mempengaruhi tepian sungai tersebut. Oleh karena itu, secara keseluruhan tidak terdapat keberadaan intrusi air laut di lintasan B tersebut.

Sebagai langkah pembuktikan bahwa lintasan tersebut tidak mengalami intrusi air laut, dilakukan pengambilan sampel di Sumur B yang memiliki kedalaman hingga 10 meter, untuk kemudian diuji di laboratorium. Kemudian setelah dilakukan uji lab terhadap sampel air pada Sumur B tersebut, didapatkan bahwa salinitas dari sampel air sumur tersebut sebesar 0 ‰ yang menunjukkan tidak adanya kandungan garam. Berdasarkan BBWW (2018), nilai 0 ‰ termasuk ke dalam kategori air tawar (< 0,5 ‰). Selain uji sampel, dilakukan langkah pembuktian yang lain yakni pengujian air secara langsung. Hasilnya, setelah diminum diketahui bahwa air di sumur tersebut terasa tawar.



Panjang Lintasan	300 meter
Spasi	10 meter
Jumlah datum	63

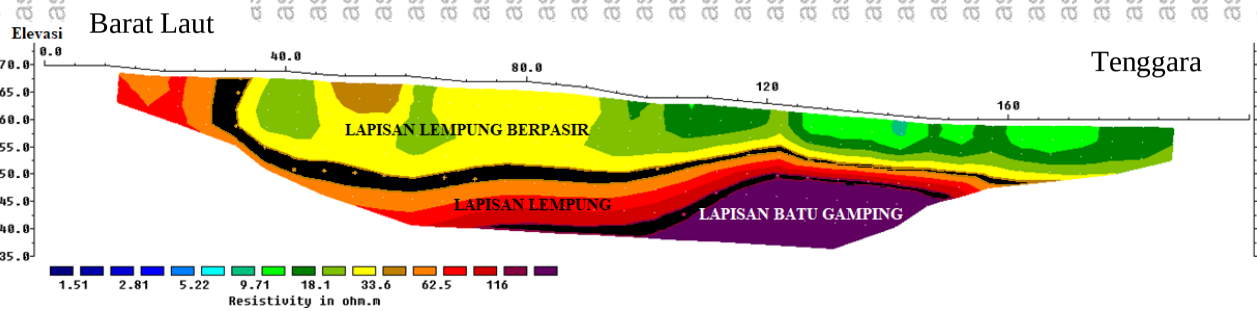


©Abrorul Amin (2019)

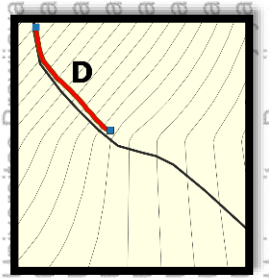
Gambar 4.9. Interpretasi Lapisan Batuan di Lintasan C

Pada Gambar 4.9. di atas, diperoleh rentang nilai resistivitas mulai dari 0,66 Ωm hingga 315,17 Ωm. Dari nilai resistivitas tersebut, terlihat bahwa pada lintasan C hanya terbagi menjadi 2 lapisan yakni lapisan lempung berpasir dan lapisan lempung. Lapisan lempung berpasir di lintasan C tersebut juga sangat tebal sekitar 40 meter. Pada elevasi 5 mdpl di meter ke 180 pada lintasan C tersebut, muncul nilai resistivitas yang sangat rendah yang mengindikasikan adanya intrusi air laut. Nilai resistivitas yang sangat rendah tersebut membentuk sebuah cekungan layaknya wadah yang menampung intrusi air laut tersebut. Dugaan keberadaan intrusi tersebut kemungkinan merupakan kemenerusan dari intrusi air laut yang telah terdeteksi sebelumnya di lintasan A, karena lintasan C berada dekat dengan lintasan A. Air laut tersebut terus bergerak melalui pori-pori yang dimiliki oleh lapisan lempung berpasir hingga ke tempat dimana dugaan intrusi air laut terdeteksi di lintasan C.

Sebagai langkah pembuktian bahwa lintasan tersebut mengalami intrusi air laut, dilakukan pengambilan sampel di Sumur C yang memiliki kedalaman 10 meter, Sumur D yang memiliki kedalaman 8 meter dan Sumur H yang memiliki kedalaman 15 meter, untuk kemudian diuji di laboratorium. Kemudian didapatkan bahwa salinitas dari sampel air pada sumur C dan D sebesar 0 ‰ yang menunjukkan tidak adanya kandungan garam. Akan tetapi, hasil dari sampel air pada sumur H menunjukkan tingkat salinitas sebesar 2 ‰. Berdasarkan BBWW (2018), nilai 0 ‰ pada sumur C dan D termasuk ke dalam kategori air tawar (< 0,5 ‰) dan nilai 2 ‰ termasuk ke dalam kategori air payau (0,5 – 30 ‰). Selain uji sampel, dilakukan langkah pembuktian yang lain yakni pengujian air secara langsung khusus pada sumur H. Hasilnya, setelah diminum diketahui bahwa air di sumur tersebut terasa cukup asin yang menunjukkan karakteristik dari air payau.



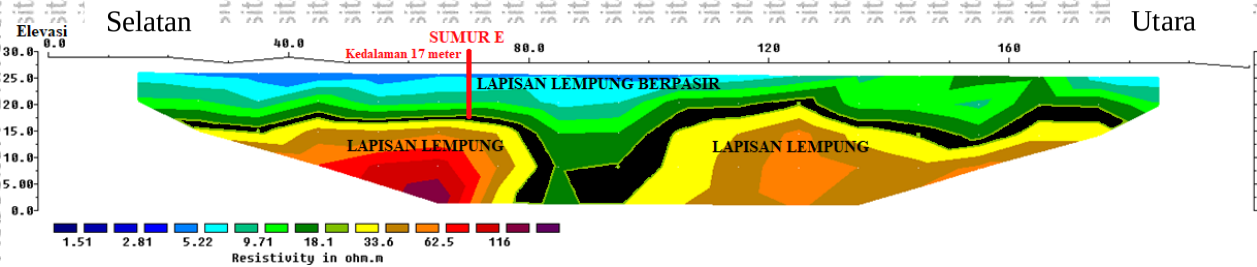
Panjang Lintasan	200 meter
Spasi	10 meter
Jumlah datum	35



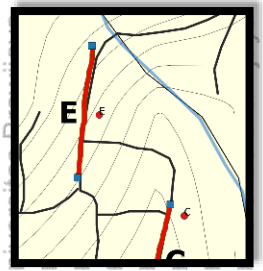
©Abrorul Amin (2019)

Gambar 4.10. Interpretasi Lapisan Batuan di Lintasan D

Pada Gambar 4.10. di atas, diperoleh rentang nilai resistivitas mulai dari 9,5 Ωm hingga 11.021,1 Ωm. Dari nilai resistivitas tersebut, terlihat bahwa pada lintasan D terbagi menjadi 3 lapisan yakni lapisan lempung berpasir, lapisan lempung dan lapisan batu gamping. Lintasan ini merupakan satu-satunya lintasan yang berada di luar wilayah Dusun Bajulmati dan memiliki perbedaan elevasi yang sangat signifikan dibandingkan lintasan lainnya. Hal itu dikarenakan elevasi di lintasan ini lebih dari 60 mdpl, sedangkan pada seluruh lintasan di Dusun Bajulmati memiliki elevasi kurang dari 30 mdpl. Pengambilan data di lintasan D tersebut dilakukan sebagai sebuah langkah pemastian bahwa tidak akan ada intrusi air laut yang akan menerus ke dusun lainnya di Desa Gajahrejo, mengingat dusun yang lain memiliki elevasi jauh lebih tinggi dibandingkan Dusun Bajulmati. Kemudian secara konsep geologi seharusnya tidak akan ada intrusi air laut mengingat elevasinya yang cukup tinggi, mengingat secara konsep air akan mengisi bagian yang lebih rendah sebelum mengisi bagian yang lebih tinggi. Di lintasan D tersebut, lapisan lempung berpasirnya sangat tebal hingga ke elevasi 50 mdpl atau memiliki ketebalan sekitar 20 meter. Kemudian dibawahnya terdapat lapisan lempung yang cukup tebal serta lapisan batu gamping yang mulai terlihat pada elevasi sekitar 50 mdpl dan hanya ditemui di lintasan ini.



Panjang Lintasan	200 meter
Spasi	10 meter
Jumlah datum	35

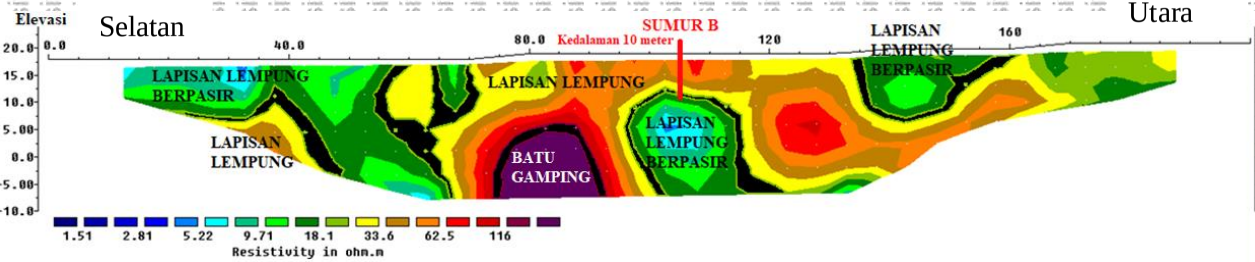


©Abrorul Amin (2019)

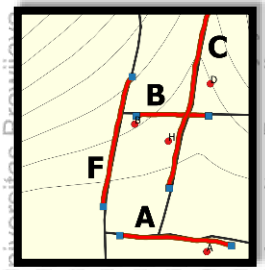
Gambar 4.11. Interpretasi Lapisan Batuan di Lintasan E

Pada Gambar 4.11. di atas, diperoleh rentang nilai resistivitas mulai dari 3,8 Ωm hingga 150,37 Ωm. Dari nilai resistivitas tersebut, terlihat bahwa pada lintasan E hanya terbagi menjadi 2 lapisan yakni lapisan lempung berpasir dan lapisan lempung. Lapisan lempung berpasir di lintasan E tersebut relatif lebih tipis apabila dibanding dengan lintasan – lintasan sebelumnya, yakni hanya sampai elevasi sekitar 17 mdpl atau setebal 13 meter. Namun, lapisan lempung di lintasan E tersebut juga relative lebih tebal apabila dibandingkan dengan lintasan – lintasan sebelumnya yakni setebal sekitar 17 meter. Di dekat permukaan muncul nilai resistivitas rendah dan diinterpretasikan sebagai bagian dari lapisan lempung berpasir yang dalam keadaan basah. Tidak ditemukan adanya indikasi intrusi air laut di lintasan ini mengingat lintasan ini merupakan lintasan di Dusun Bajulmati yang memiliki jarak paling jauh dari laut.

Sebagai langkah pembuktian bahwa lintasan tersebut tidak mengalami intrusi air laut, dilakukan pengambilan sampel di Sumur E yang memiliki kedalaman hingga 17 meter, untuk kemudian diuji di laboratorium. Kemudian setelah dilakukan uji lab terhadap sampel air pada Sumur E tersebut, didapatkan bahwa salinitas dari sampel air sumur tersebut sebesar 0 ‰ yang menunjukkan tidak adanya kandungan garam sehingga mengindikasikan tidak adanya intrusi air laut. Berdasarkan BBWW (2018), nilai 0 ‰ termasuk ke dalam kategori air tawar (< 0,5 ‰). Selain uji sampel, dilakukan langkah pembuktian yang lain yakni pengujian air secara langsung. Hasilnya, setelah diminum diketahui bahwa air di sumur tersebut terasa tawar yang menunjukkan karakteristik dari air tawar.



Panjang Lintasan	200 meter
Spasi	10 meter
Jumlah datum	35



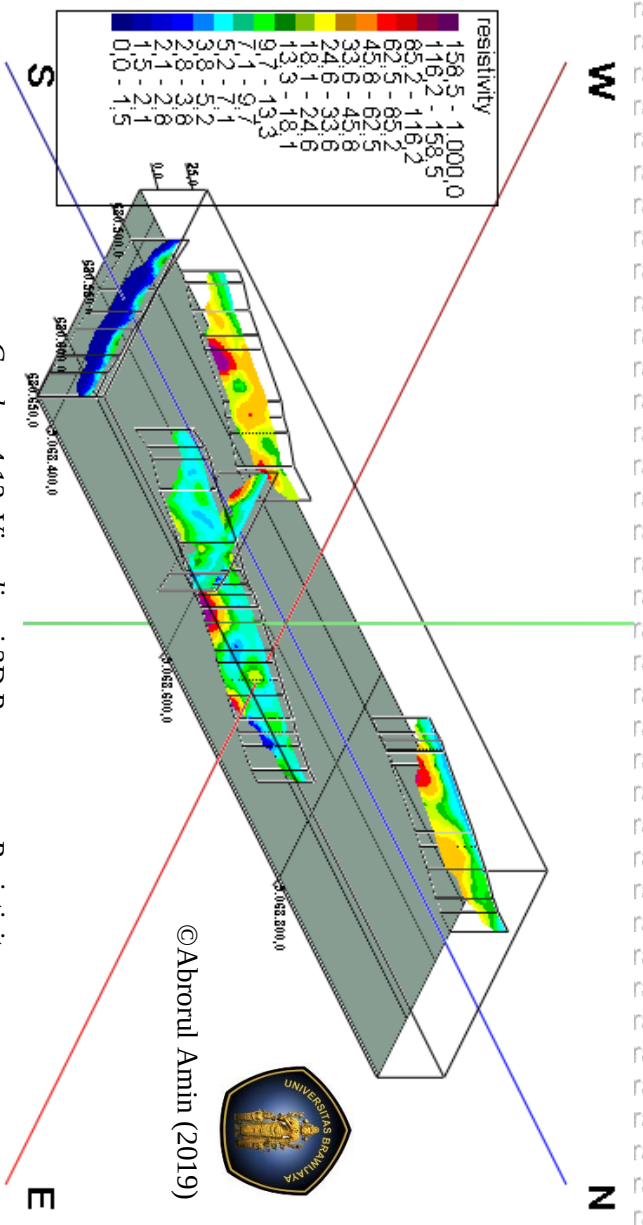
©Abrorul Amin (2019)

Gambar 4.12. Interpretasi Lapisan Batuan di Lintasan F

Pada Gambar 4.12. di atas, diperoleh rentang nilai resistivitas mulai dari 5,97 Ωm hingga 638,25 Ωm. Dari nilai resistivitas tersebut, terlihat bahwa pada lintasan F hanya terbagi menjadi 2 lapisan yakni lapisan lempung berpasir dan lapisan lempung. Lapisan lempung berpasir dan lapisan lempung pada lintasan F tersebut terlihat sama – sama dominan dan memiliki ketebalan yang terlihat sama. Ketebalannya tidak dapat dikira – kira karena pelapisan yang ada tidaklah beraturan. Selanjutnya pada elevasi 5 mdpl, terlihat adanya nilai resistivitas yang sangat tinggi yang membentuk sebuah kubah. Nilai resistivitas tersebut diinterpretasikan sebagai sebuah bongkahan batu gamping. Terdapat beberapa titik yang memiliki nilai resistivitas rendah yang kemungkinan merupakan lapisan lempung berpasir yang dalam keadaan basah. Tidak ditemukan adanya indikasi intrusi air laut.

Sebagai langkah pembuktikan bahwa lintasan tersebut tidak mengalami intrusi air laut, dilakukan pengambilan sampel di Sumur B yang memiliki kedalaman hingga 10 meter, untuk kemudian diuji di laboratorium. Kemudian setelah dilakukan uji lab terhadap sampel air pada Sumur B tersebut, didapatkan bahwa salinitas dari sampel air sumur tersebut sebesar 0 ‰ yang menunjukkan tidak adanya kandungan garam sehingga mengindikasikan tidak adanya intrusi air laut. Berdasarkan BBWW (2018), nilai 0 ‰ termasuk ke dalam kategori air tawar (< 0,5 ‰). Selain uji sampel, dilakukan langkah pembuktian yang lain yakni pengujian air secara langsung. Hasilnya, setelah diminum diketahui bahwa air di sumur tersebut terasa tawar yang menunjukkan karakteristik dari air tawar.

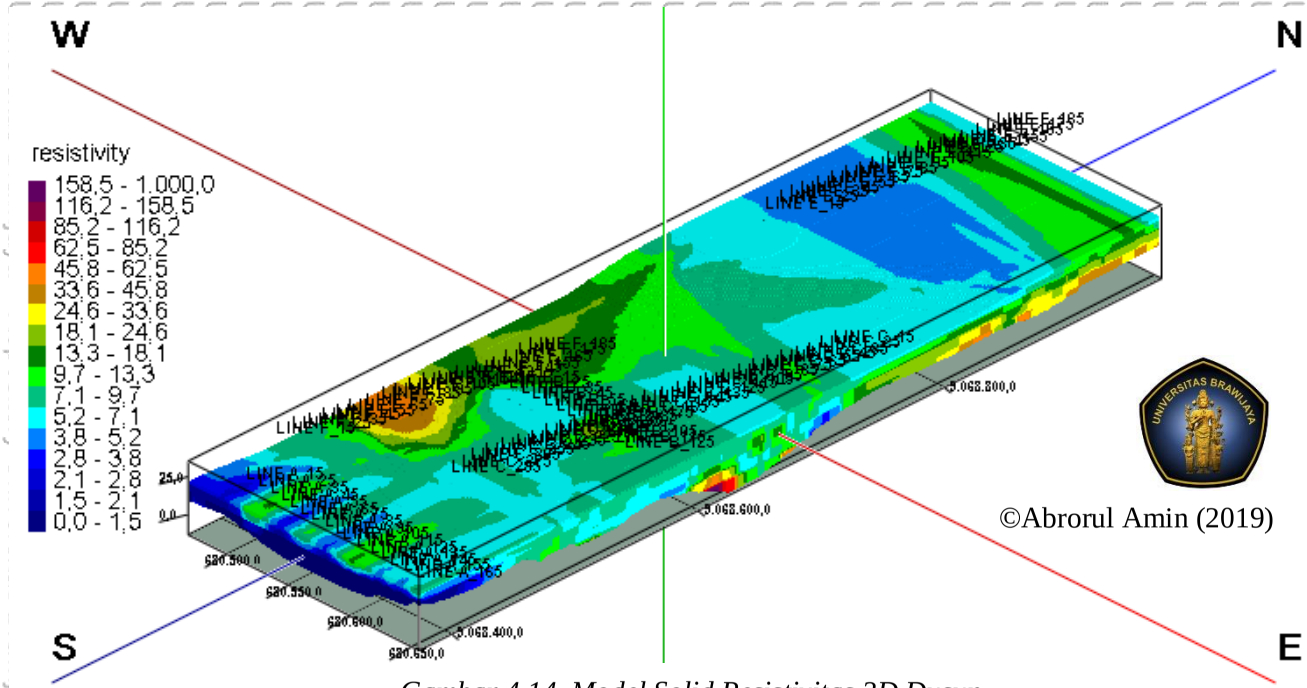
4.3. Model 3 Dimensi



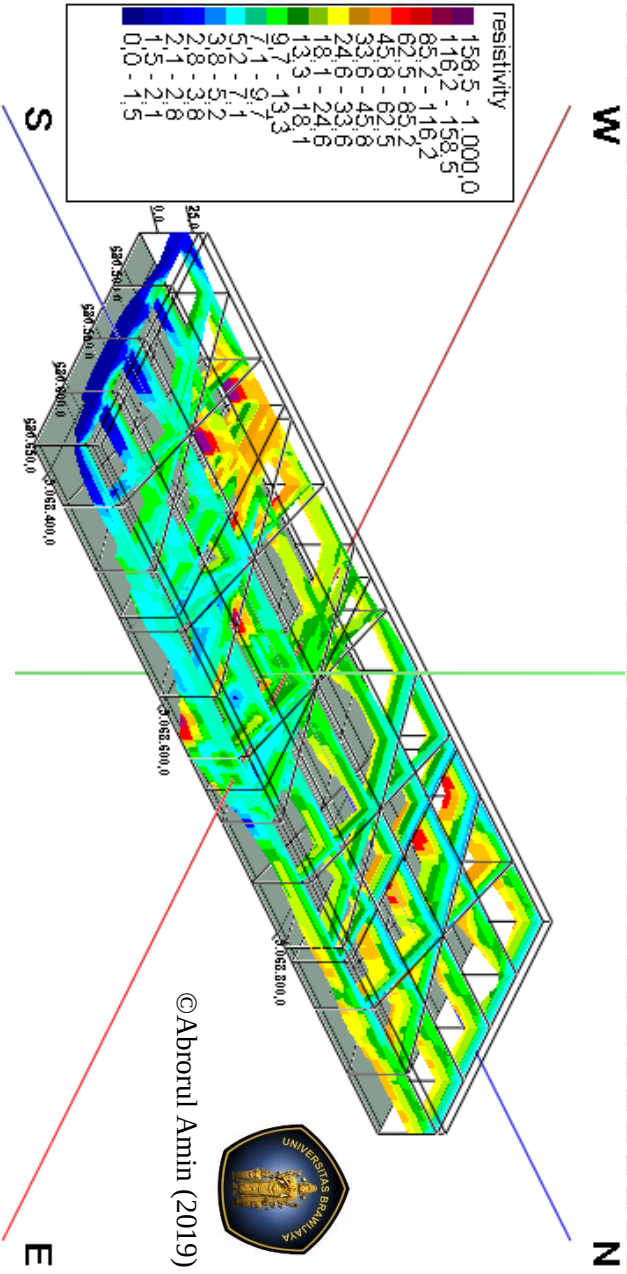
Gambar 4.13. Visualisasi 3D Penampang Resistivitas Lintasan A, B, C, E dan F

© Abrorul Amin (2019)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA REPOSITORY.UB.AC.ID

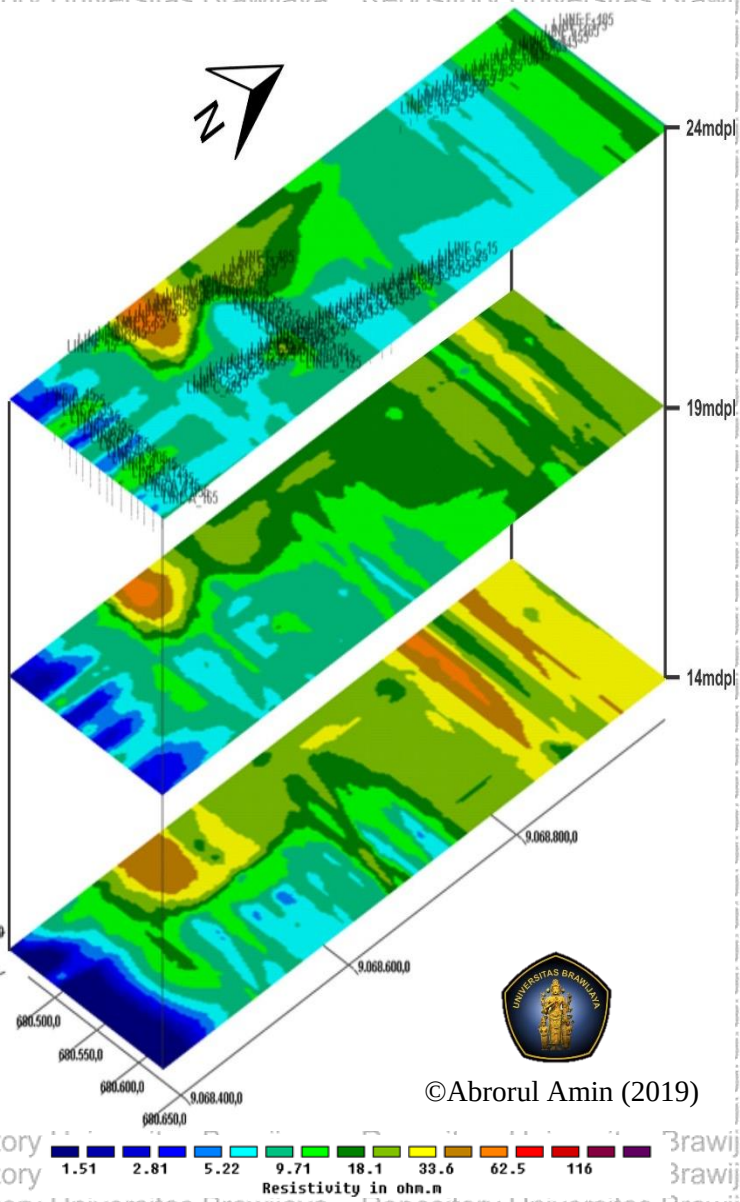


Gambar 4.14. Model Solid Resistivitas 3D Dusun Bajulmati

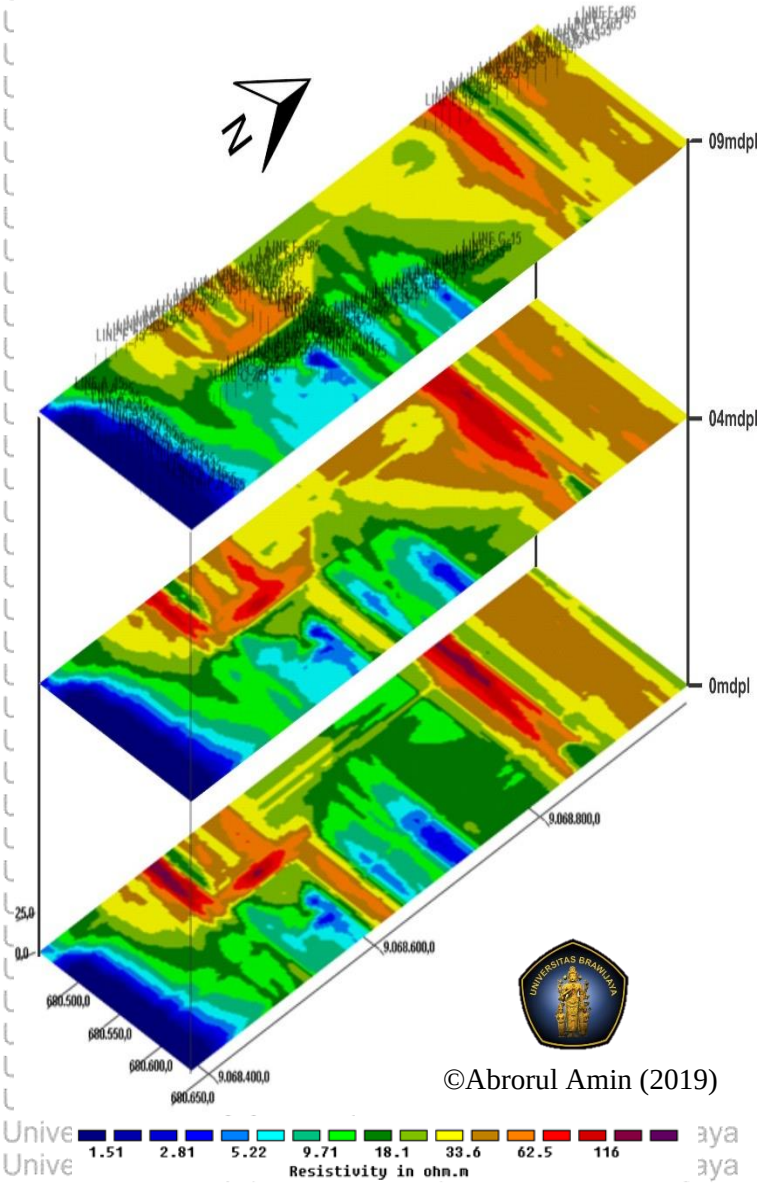

W
N
E
S
resistivity
158,5 - 1.000,0
116,2 - 158,5
85,2 - 116,2
62,5 - 85,2
45,8 - 62,5
33,6 - 45,8
24,6 - 33,6
18,0 - 24,6
13,2 - 18,0
9,7 - 13,2
7,1 - 9,7
5,2 - 7,1
3,8 - 5,2
2,8 - 3,8
2,0 - 2,8
1,5 - 2,0
1,1 - 1,5
0,8 - 1,1
0,6 - 0,8
0,4 - 0,6
0,3 - 0,4
0,2 - 0,3
0,1 - 0,2
0,0 - 0,1
0,0
25,0
250,0
500,0
750,0
1.000,0
1.250,0
1.500,0
1.750,0
2.000,0
2.250,0
2.500,0
2.750,0
3.000,0
3.250,0
3.500,0
3.750,0
4.000,0
4.250,0
4.500,0
4.750,0
5.000,0
5.250,0
5.500,0
5.750,0
6.000,0
6.250,0
6.500,0
6.750,0
7.000,0
7.250,0
7.500,0
7.750,0
8.000,0
8.250,0
8.500,0
8.750,0
9.000,0
9.250,0
9.500,0
9.750,0
10.000,0
10.250,0
10.500,0
10.750,0

Gambar 4.14. menunjukkan model resistivitas 3D yang merupakan hasil inversi dan interpolasi dari penampang resistivitas 2D yang telah didapat sebelumnya. Penampang resistivitas 2D yang digunakan dalam pembuatan model 3D ini adalah penampang lintasan A, B, C, E dan F agar menggambarkan model resistivitas dari kawasan pemukiman Dusun Bajulmati. Dari permukaan model tersebut terlihat bahwa lapisan batuannya didominasi oleh lapisan lempung berpasir serta terdapat lapisan batuan yang dalam kondisi basah.

Karena Gambar 4.14. hanya menunjukkan kenampakan permukaan dari model resistivitas 3D, maka dilakukan *slicing* terhadap model tersebut. Tujuan *slicing* tersebut adalah untuk memperoleh gambaran bawah permukaaan dari model resistivitas 3D tersebut dalam bentuk beberapa *fence*. Hasil model *fence* tersebut ditunjukkan oleh Gambar 4.15. Model *fence* tersebut menunjukkan bahwa di bawah permukaan tidak hanya lapisan lempung berpasir saja yang mendominasi, akan tetapi juga terdapat lapisan lempung yang juga ikut mendominasi kondisi bawah permukaan. Di bagian selatan terlihat dengan jelas bahwa telah mengalami intrusi air laut hingga hampir mencapai permukaan. Intrusi tersebut terlihat bergerak menuju ke utara dari sisi timur. Terlihat jelas bahwa pergerakan intrusi tersebut melalui pori-pori dari lapisan lempung berpasir yang ada, akan tetapi tetap tidak dapat mengintrusi lebih jauh lagi. Hal tersebut diperkuat dengan tidak adanya indikasi intrusi air laut di bagian utara yang cenderung memiliki lapisan batuan yang kering. Lapisan batuan yang memiliki kondisi basah dominan berada di bagian timur. Faktor penyebab kondisi lapisan batuan maupun tanah yang basah tersebut adalah karena adanya upaya dari air laut untuk bergerak melalui pori-pori maupun karena keberadaan sungai di bagian timur tersebut. Untuk mengetahui pergerakan intrusi air laut secara lebih detail maka dilakukan *slicing* model resistivitas 3D tersebut di beberapa kedalaman tertentu.



Gambar 4.16. Slicing Model 3D pada Elevasi 24 mdpl, 19 mdpl dan 14 mdpl



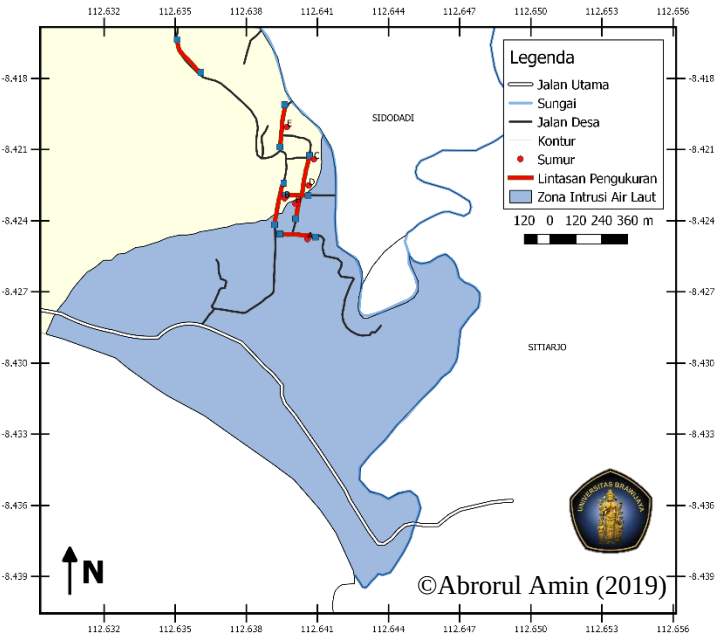
Gambar 4.17. Slicing Model 3D pada Elevasi 9 mdpl, 4 mdpl dan 0 mdpl

Gambar 4.16. dan Gambar 4.17. hasil *slicing* model resistivitas 3D pada elevasi 24 mdpl, 19 mdpl, 14 mdpl, 9 mdpl, 4 mdpl dan 0 mdpl. Tujuan dari *slicing* model resistivitas 3D pada beberapa elevasi tersebut adalah untuk mengetahui sejauh mana intrusi air laut berdampak terhadap kondisi bawah permukaan di Dusun Bajulmati serta dominasi dari lapisan batuan yang ada di Dusun tersebut.

Pada elevasi 24 mdpl atau tepatnya di permukaan tanah Dusun Bajulmati, terlihat bahwa lapisan batuannya didominasi oleh lapisan lempung berpasir. Selain itu juga terlihat adanya sedikit lapisan lempung di sisi timur serta adanya sedikit indikasi intrusi air laut di sisi selatan. Pada elevasi 19 mdpl atau tepatnya kedalaman 5 meter, terlihat bahwa lapisan batuannya masih didominasi oleh lapisan lempung berpasir. Selain itu juga masih terlihat adanya sedikit lapisan lempung di sisi timur, namun perbedaannya indikasi intrusi air laut di bagian selatan mulai terlihat banyak dan seakan – akan bergerak ke arah utara melalui sisi timur.

Pada elevasi 14 mdpl atau tepatnya kedalaman 10 meter, terlihat bahwa lapisan lempung mulai mendominasi sama banyaknya dengan lapisan lempung berpasir. Selain itu indikasi intrusi air laut di bagian selatan telah membentuk sebuah zonasi dan seakan – akan bergerak ke arah utara melalui sisi timur seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.16. Pada elevasi 9 mdpl atau tepatnya kedalaman 15 meter, terlihat bahwa lapisan batuannya sudah didominasi oleh lapisan lempung. Lapisan lempung berpasir yang semula dominan hingga kedalaman 10 meter, mulai berkurang setelah memasuki kedalaman 15 meter. Selain itu indikasi intrusi air laut di bagian selatan yang sebelumnya telah membentuk sebuah zonasi, di kedalaman tersebut zonasi mulai sedikit melebar. Intrusi tersebut masih tetap seakan – akan bergerak ke arah utara melalui sisi timur seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.16 dan 4.17.

Pada elevasi 4 mdpl atau tepatnya kedalaman 20 meter, terlihat bahwa lapisan batuannya tetap didominasi oleh lapisan lempung. Lapisan lempung berpasir mulai agak berkurang pada kedalaman tersebut. Zonasi intrusi air laut di bagian selatan tersebut belum mengalami perubahan, akan tetapi mulai muncul indikasi adanya intrusi air laut di beberapa titik di lintasan C. Hal tersebut membuktikan bahwa memang pergerakan dari intrusi air laut melalui sisi timur, karena lapisannya masih berupa lapisan lempung berpasir. Pada elevasi 0 mdpl atau tepatnya sejajar dengan permukaan air laut, terlihat bahwa lapisan batuannya tetap didominasi oleh lapisan lempung. Lapisan lempung berpasir mulai bertambah pada kedalaman tersebut. Zonasi intrusi air laut di sisi selatan serta intrusi air laut di beberapa titik di lintasan C tidak mengalamin perubahan. Dari hal tersebut dapat diasumsikan bahwa intrusi air laut di lintasan C berasal dari pergerakan intrusi air laut yang berada di lintasan A atau tepatnya di sisi selatan. Pergerakan tersebut terjadi pada ketinggian 0 mdpl, dimana intrusi air laut melewati pori – pori dari lapisan lempung berpasir. Alasan mengapa intrusi air laut tidak terjadi lebih jauh lagi karena terhalang oleh lapisan lempung yang bersifat impermeabel sehingga fluida yang bercampur dengan air laut tersebut tidak dapat meloloskan diri dari lapisan lempung.



Gambar 4.18. Zonasi Wilayah Intrusi Air Laut

Setelah melakukan interpretasi baik pada penampang resistivitas maupun model resistivitas 3D, dilakukan pendugaan zona ataut wilayah yang sekiranya dianggap mengalami intrusi air laut. Gambar 4.18. menampilkan hasil pendugaan zona intrusi air laut yang ditunjukkan oleh warna biru dan zona non intrusi air laut yang ditunjukkan oleh warna krem. Dari gambar tersebut diasumsikan bahwa di wilayah selatan Dusun Bajulmati sudah mengalami intrusi air laut mengingat bahwa di sepanjang lintasan A menunjukkan hasil positif adanya intrusi air laut baik dari penampang dan model resistivitas maupun hasil uji sampel air sumur. Intrusi air laut tersebut setidaknya berdampak pada sekitar 2 hingga 3 RT dari kawasan pemukiman penduduk Dusun Bajulmati dengan radius sejauh kurang lebih 1,2 km dari bibir pantai Bajulmati. Kemudian di wilayah timur juga diduga

mengalami intrusi air laut, meskipun hanya terdapat satu sampel air sumur yang menunjukkan adanya kandungan garam dan munculnya indikasi intrusi hanya di beberapa titik pada lintasan C serta satu titik di sisi timur lintasan B. Akan tetapi, adanya aliran air sungai di sisi timur tersebut membuat dugaan bahwa terdapat intrusi air laut di sisi timur semakin kuat, mengingat apabila laut sedang pasang maka air laut akan ikut mengalir ke pemurkaan melalui aliran air sungai tersebut.

Selanjutnya di wilayah utara Dusun Bajulmati dianggap bebas dari intrusi air laut mengingat dari penampang dan model resistivitas serta hasil uji sampel air sumur menunjukkan bahwa air tanahnya tidak memiliki kandungan garam atau dapat disebut masih merupakan air tawar. Diharapkan hasil penelitian tersebut dapat memberikan informasi wilayah mana saja yang terdampak maupun aman dari intrusi air laut serta pada kedalaman berapa sekiranya yang aman dari intrusi air laut sehingga warga Dusun Bajulmati tidak perlu khawatir apabila ingin membuat sumur yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air mereka sehari-hari.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V
PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Persebaran nilai resistivitasnya berada pada kisaran 0 Ωm hingga 11.021,1 Ωm. Dari nilai resistivitas tersebut, diinterpretasikan bahwa lapisan bawah permukaan di Dusun Bajulmati terdiri dari lapisan lempung berpasir (rentang nilai resistivitas 10 Ωm hingga 30 Ωm), lapisan lempung (rentang nilai resistivitas 30 Ωm hingga 200 Ωm) dan lapisan batu gamping (rentang nilai resistivitas lebih dari 200 Ωm) serta lapisan atau zona yang terdampak oleh intrusi air laut (rentang nilai resistivitas 0 Ωm hingga 3 Ωm) yang diasumsikan berada pada lapisan lempung berpasir.
2. Berdasarkan hasil penelitian, wilayah selatan dari Dusun Bajulmati merupakan wilayah yang mengalami intrusi air laut. Radius dari intrusi air laut tersebut sekitar 1,2 km dan hanya sebagian kecil dari wilayah pemukiman penduduk yang terdampak oleh intrusi air laut tersebut, sekitar 2 hingga 3 RT. Intrusi air laut tersebut sudah ditemukan mulai dari kedalaman 5 meter (elevasi 19 mdpl). Selain itu juga terdapat beberapa titik di wilayah timur yang diduga juga mengalami intrusi air laut.

5.2. Saran

Mungkin dapat dilakukan penelitian terkait di Desa lain yang Dusunnya berdekatan dengan Dusun Bajulmati untuk memperkuat hasil dari penelitian ini. Selain itu dapat juga melakukan akuisisi data dengan bentangan lebih dari 300 meter dan spasi kurang dari 10 meter agar didapatkan data dengan resolusi yang lebih baik serta penetrasinya dapat lebih dalam.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

Asdak, C., 2007. Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: UGM Press.

Biscayne Bay Water Watch (BBWW). 2018. *pH, Salinity and Temperature of Water*. Miami: University of Florida

Hendrayana, H., 2002. Intrusi Air Asin Ke Dalam Akuifer Daratan. Yogyakarta: UGM Press.

Leboeuf, P. P., 2004. *Sea Water Intrusion and Associated in A Small Coastal Complex Aquifer*. Spain: University of Almeria.

Lowrie, W., 2007. *Fundamental of Geophysics 2nd Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.

Muna, N., 2017. Penentuan Zona Intrusi Air Laut Daerah Pantai Selatan Banyuwangi Dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis (Studi Kasus Desa Sumberasri, Kecamatan Purwoharjo, Kabupaten Banyuwangi). Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Skripsi.

Ode, I.. 2011. Intrusi Air Laut. Ambon: Universitas Darussalam Ambon.

Priambodo, I.C., Purnomo, H., Rukmana, N., dan Juanda. 2011. Aplikasi Metoda Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger Pada Survey Gerakan Tanah di Bajawa, NTT. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bulletin Vulkanologi dan Bencana Geologi, Volume 6 Nomor 2, Agustus 2011:1-10.

Putranto, T.T. dan Kusuma K.I. 2009. Permasalahan Air Tanah Pada Daerah Urban. Jurnal Teknik, Volume 30 Nomor 1.

Putri, A.W., Bambang S. dan Liliya D.S. 2016. Identifikasi Pencemaran Air Tanah Akibat Intrusi Air Laut (Studi Kasus Pesisir Pantai Ketah, Kabupaten Situbondo). Universitas Brawijaya. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Hal 32 -39.

Sujanto, Hadisantono, R., Kusnama, Chaniago, R. dan Baharuddin, R., 1992. Peta Geologi Lembar Turen, Jawa. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Telford, W.M., Geldart, L.P., dan Sheriff, R.E., 1990. *Applied Geophysic 2nd Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.

Ulfa, M., Daeng A.S., dan Sujito. 2014. Identifikasi Intrusi Air Laut Ke Dalam Akufer Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Di Pantai Bajulmati Malang. Jurnal Universitas Negeri Malang.

Wardhana, R.R., Dwa D.W. dan Amien W. 2017. Penyelidikan Intrusi Air Laut Pada Air Tanah Dengan Metode Resistivitas 2D Di Daerah Surabaya Timur. Jurnal Teknik Institut Teknologi Sepuluh November, Volume 6, Nomor 1.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Hasil Uji Laboratorium dari Sampel Air Sumur

	KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM **LABORATORIUM KIMIA** Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telepon: 0341- 562180 Laman: www.um.ac.id	**FPO 5.10-1**
FORMULIR	Tgl. Terbit / Revisi : 20 September 2019	
JUDUL **LAPORAN HASIL PENGUJIAN**	Halaman : 1-1 File : M. Abiyyu	

Nomor : 085/UN.32.3.7.3/LT/2019

Nama Pemilik : Muhammad Abiyyu Farras :

Alamat : Perum Pesona Mutiara Tidar Blok B-12, Malang

Jenis contoh : Cair

Metode Uji : Refraktometri

Tanggal Terima Sampel : 12 September 2019

Tanggal Uji Sampel : 20 September 2019

Hasil Pengujian : Salinitas dan Gravitasi spesifik

No	Kode Sampel	Salinitas ($^0/_{00}$)	Gravitasi spesifik (d_{20}^{20})	Keterangan
1	A	3	1.002	
2	B	0	1.000	
3	C	0	1.000	
4	D	0	1.000	
5	E	0	1.000	
6	F	32	1.024	
7	G	0	1.000	
8	H	2	1.001	

23 September 2019
Kepala Laboratorium Kimia,

Dr. H. Yudhi Utomo, M. Si
NIP 196705011996031002

Gambar Lampiran 1. Lembar Hasil Uji Laboratorium dari Sampel Air Sumur

Lampiran 2: Sampel Air Sumur

Gambar Lampiran 2. Sampel Air Sumur: Sampel A dan G dari Sumur Pak Tris, Sampel B dari Sumur Bu Sum, Sampel C dari Sumur Mas Rohman, Sampel D dari Pak Slamet, Sampel E dari Sumur Pak Hidayat, Sampel F dari Pantai Bajulmati dan Sampel H dari Sumur Bu Ani

Lampiran 2: Dokumentasi Akuisisi

Gambar Lampiran 3. Proses Pencatatan Data oleh Operator Alat pada 6 April 2019

Gambar Lampiran 4. Salah Satu Lintasan Akuisisi